TÜV RHEINLAND
ENERGIE UND UMWELT GMBH



Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung F-701-20 mit $PM_{2,5}$ Vorabscheider der Firma DURAG GmbH für die Komponente Schwebstaub $PM_{2,5}$

TÜV-Bericht: 936/21220478/A
Köln, 17. März 2014

www.umwelt-tuv.de



teu-service@de.tuv.com

Die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH ist mit der Abteilung Immissionsschutz
für die Arbeitsgebiete:

- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Luftverunreinigungen und Geruchsstoffen;
- Überprüfung des ordnungsgemäßen Einbaus und der Funktion sowie Kalibrierung kontinuierlich arbeitender Emissionsmessgeräte einschließlich Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung;
- Feuerraummessungen;
- Eignungsprüfung von Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung der Emissionen und Immissionen sowie von elektronischen Systemen zur Datenauswertung und Emissionsfernüberwachung
- Bestimmung der Schornsteinhöhen und Immissionsprognosen für Schadstoffe und Geruchsstoffe;
- Bestimmung der Emissionen und Immissionen von Geräuschen und Vibrationen, Bestimmung von Schallleistungspegeln und Durchführung von Schallmessungen an Windenergieanlagen

nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert.

Die Akkreditierung ist gültig bis 22-01-2018. DAkkS-Registriernummer: D-PL-11120-02-00.

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH
D - 51105 Köln, Am Grauen Stein, Tel: 0221 806-5200, Fax: 0221 806-1349

Leerseite





Bericht über die Eignungsprüfung der Immissionsmesseinrichtung F-701-20 mit PM2,5 Vorabscheider der Firma DURAG GmbH für die Komponente Schwebstaub PM2,5

Geprüftes Gerät: F-701-20 mit $PM_{2,5}$ Vorabscheider

Hersteller: DURAG GmbH
Kollaustraße 105
22453 Hamburg
Deutschland

Prüfzeitraum: Dezember 2012 bis März 2014

Berichtsdatum: 17. März 2014

Berichtsnummer: 936/21220478/A_Entwurf

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Karsten Pletscher
Tel.: +49 221 806-2592
karsten.pletscher@de.tuv.com

Berichtsumfang:

Bericht:		158	Seiten
Anhang	ab Seite	159	
Handbuch	ab Seite	189	
Handbuch	mit	77	Seiten
Gesamt		266	Seiten

Leerseite



Inhaltsverzeichnis


TÜVRheinland®
Genau. Richtig.



Tabellenverzeichnis



Abbildungsverzeichnis



1. Kurzfassung und Bekanntgabevorschlag

1.1 Kurzfassung

Gemäß der Richtlinie 2008/50/EG vom 21. Mai 2008 [7] (ersetzt die Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG vom 27. September 1996 inkl. der zugehörigen Tochterrichtlinien 1999/30/EG, 2000/69/EG, 2002/3/EG sowie die Entscheidung des Rates 97/101/EG) „über Luftqualität und saubere Luft für Europa“ sind als Referenzmethoden zur Messung der PM_{10}-Konzentration die in der EN 12341 „Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM_{10}-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode“ sowie zur Messung der $PM_{2,5}$-Konzentration die in der EN 14907 „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der $PM_{2,5}$-Massenfraktion des Schwebstaubs“ [3] beschriebenen Methoden zu verwenden. Die Mitgliedsstaaten können bei Partikeln jedoch auch eine andere Methode verwenden, wenn nachgewiesen werden kann, „dass diese einen konstanten Bezug zur Referenzmethode aufweist. In diesem Fall müssen die mit dieser Methode erzielten Ergebnisse korrigiert werden, damit diese den Ergebnissen gleichwertig sind, die bei der Anwendung der Referenzmethode erzielt worden wären“ (2008/50/EG, Anhang VI, B).

Der Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods” [4] der Ad-hoc-EG-Arbeitsgruppe vom Januar 2010

(Quelle: http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/equivalence.pdf)

beschreibt ein Verfahren für die Prüfung auf Äquivalenz von Nicht-Standardmessverfahren. Die Anforderungen des Leitfadens zur Äquivalenzprüfung wurden in der letzten Revision der VDI-Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 [1] sowie VDI 4203, Blatt 3 [2] mit aufgenommen.

Im Rahmen der vorliegenden Prüfung wurden folgende Grenzwerte angesetzt:

	$PM_{2,5}$
Tagesgrenzwert TGW (24 h)	nicht definiert
Jahresgrenzwert JGW (1 a)	25 µg/m³*

sowie für die Berechnungen gemäß des Leitfadens [4]

	$PM_{2,5}$
Grenzwert	30 µg/m³

Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 von 2002 beschreibt die „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung". Die allgemeinen Rahmenbedingungen für die zugehörigen Prüfungen sind in der Richtlinie VDI 4203, Blatt 1 „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Grundlagen" vom Oktober 2001 beschrieben. VDI 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen – Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen" von 2004 präzisiert diese Rahmenbedingungen.

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 und VDI 4203, Blatt 3 wurden nach umfangreicher Revision mit Stand September 2010 neu veröffentlicht. Leider bestehen nach dieser Revision in Hinblick zur Prüfung von Staub-Immissionsmesseinrichtungen einige Unklarheiten und Widersprüche bezüglich konkreter Mindestanforderungen auf der einen Seite und der generellen Relevanz von Prüfpunkten auf der anderen Seite. Es besteht konkret Klärungsbedarf bei den folgenden Prüfpunkten:

6.1	5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	→ nicht relevant für Staubgeräte
6.1	5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	→ nicht relevant für Staubgeräte
6.1	5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.12 Langzeitdrift	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.13 Kurzzeitdrift	→ nicht relevant für Staubgeräte



6.1	5.3.18	Gesamtunsicherheit	→ nicht relevant für Staubgeräte, abgedeckt durch 5.4.10.

Aus diesem Grunde wurde eine offizielle Anfrage an die zuständige Stelle in Deutschland gestellt, um eine abgestimmte Vorgehensweise zum Umgang mit den Inkonsistenzen der Richtlinie festzulegen.

Es wurde folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden wie bisher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B_0, B_1 und B_2).

Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Die zuständige deutsche Stelle hat dieser vorgeschlagenen Vorgehensweise per Entscheidung vom 27.06.2011 bzw. 07.10.2011 zugestimmt.

Da die gemäß der herangezogenen Richtlinien anzuwendenden Bezugswerte explizit auf die Messkomponente PM_{10} abgestimmt waren, wird für die Messkomponente $PM_{2,5}$ die Anwendung der folgenden Bezugswerte vorgeschlagen:

	$PM_{2,5}$	PM_{10} (zum Vergleich)
B_0	2 µg/m³	2 µg/m³
B_1	25 µg/m³	40 µg/m³
B_2	200 µg/m³	200 µg/m³

Es wird lediglich eine Anpassung des B_1 auf dem Niveau des Grenzwertes für das Jahresmittel vorgenommen.

Im Auftrag der Firma DURAG GmbH führte die TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH die Eignungsprüfung der Messeinrichtung F-701-20 für die Komponente Schwebstaub $PM_{2,5}$ durch.

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, September 2010 bzw. Juni 2002 [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. August 2004 [2]
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der $PM_{2,5}$-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005 [3]
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von Januar 2010 [4]

Die Messeinrichtung F-701-20 ermittelt die Staubkonzentrationen mittels eines Radiometer-Messprinzips. Mit Hilfe einer Pumpe wird Umgebungsluft über einen $PM_{2,5}$ Probenahmekopf angesaugt (Probenahmefluss 16,67 l/min). Die staubbeladene Probenahmeluft wird anschließend auf ein Filterband gesaugt. Die Bestimmung der abgeschiedenen Staubmasse auf dem Filterband erfolgt nach der jeweiligen Probenahme durch das radiometrische Messprinzip der Beta-Absorption.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor und während eines mehrmonatigen Feldtests.



Der mehrmonatige Feldtest erfolgte an den Standorten gemäß Tabelle 1:

Tabelle 1: Beschreibung der Messstellen

	Bonn, Straßenkreuzung Winter	Bornheim, Autobahnparkplatz, Sommer	Köln, Parkplatzgelände, Herbst	Köln, Parkplatzgelände, Winter
Zeitraum	02/2013 – 05/2013	05/2013 – 07/2013	09/2013 – 12/2013	01/2014 – 03/2014
Anzahl der Messwertpaare: Prüflinge	61	68	85	52
Charakterisierung	Verkehrsbeeinflusst	Ländliche Struktur + Autobahn	Städtischer Hinter-grund	Städtischer Hinter-grund
Einstufung der Im-missionsbelastung	durchschnittlich bis hoch	niedrig bis durchschnittlich	durchschnittlich	durchschnittlich

Bei der Eignungsprüfung wurden die Bedingungen der Mindestanforderungen erfüllt.

Seitens der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH wird daher eine Veröffentlichung als eignungsgeprüfte Messeinrichtung zur laufenden Aufzeichnung der Immissionen von Schwebstaub $PM_{2,5}$ vorgeschlagen.

1.2 Bekanntgabevorschlag

Aufgrund der erzielten positiven Ergebnisse wird folgende Empfehlung für die Bekanntgabe als eignungsgeprüfte Messeinrichtung ausgesprochen:

Messeinrichtung:

F-701-20 mit $PM_{2,5}$ Vorabscheider für Schwebstaub $PM_{2,5}$

Hersteller:

DURAG GmbH, Hamburg

Eignung:

Zur kontinuierlichen Immissionsmessung der $PM_{2,5}$-Fraktion im Schwebstaub im stationären Einsatz

Messbereiche in der Eignungsprüfung:

Komponente	Zertifizierungsbereich	Einheit
$PM_{2,5}$	0 – 1000	µg/m³

Softwareversion:

3.10

Einschränkungen:

Keine

Hinweise:

1. Die Anforderungen gemäß des Leitfadens "Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" werden für die Messkomponente $PM_{2,5}$ eingehalten.
2. Während der Eignungsprüfung betrug die Zykluszeit 1 h und die Belegzahl betrug 24; d.h. jede Stunde wurde ein automatischer Filterwechsel durchgeführt, wobei jeder Filterfleck bis zu maximal 24mal beprobt wurde.
3. Die Messeinrichtung ist mit einem aktiv belüfteten Probenahmesystem ohne Rohrbegleitheizung zu betreiben.
4. Die Messeinrichtung ist in einem verschließbaren Messcontainer zu betreiben.
5. Die Messeinrichtung ist mit dem gravimetrischen $PM_{2,5}$-Referenzverfahren nach DIN EN 14907 regelmäßig am Standort zu kalibrieren.
6. Der Prüfbericht über die Eignungsprüfung ist im Internet unter www.qal1.de einsehbar.

Prüfbericht:

TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH, Köln

Bericht-Nr.: 936/21220478/A vom 17. März 2014

1.3 Zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
4 Bauartanforderungen				
4.1 Allgemeine Anforderungen				
4.1.1 Messwertanzeige	Muss vorhanden sein.	Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.	ja	56
4.1.2 Wartungsfreundlichkeit	Wartungsarbeiten sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.	Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar.	ja	59
4.1.3 Funktionskontrolle	Spezielle Einrichtungen hierzu sind als zum Gerät gehörig zu betrachten, bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und zu bewerten.	Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Fehlermeldungen angezeigt. Die Messeinrichtung bietet zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit die Möglichkeit einer internen Überprüfung von Null- und Referenzpunkt. Diese können direkt am Gerät oder telemetrisch angesteuert werden.	ja	62
4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten	Die Betriebsanleitung muss hierzu Angaben enthalten.	Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.	ja	64
4.1.5 Bauart	Die Betriebsanleitung muss Angaben hierzu enthalten	Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.	ja	65
4.1.6 Unbefugtes Verstellen	Muss Sicherung dagegen enthalten.	Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist darüber hinaus in einem Messcontainer zu verschließen.	ja	66
4.1.7 Messsignalausgang	Muss digital und/oder analog angeboten werden.	Die Messsignale werden analog (in mA) und digital (über RS 232) angeboten.	ja	67

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
5. Leistungsanforderungen				
5.1 Allgemeines	Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.	Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.	ja	69
5.2 Allgemeine Anforderungen				
5.2.1 Zertifizierungsbereiche	Müssen den Anforderungen aus Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 entsprechen.	Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.	ja	70
5.2.2 Messbereich	Messbereichsendwert größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs.	Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt. Andere Messbereiche sind möglich. Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.	ja	71
5.2.3 Negative Messsignale	Dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).	Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.	ja	72
5.2.4 Stromausfall	Unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas muss unterbunden sein; Geräteparameter müssen gegen Verlust durch Pufferung geschützt sein; messbereiter Zustand bei Spannungswiederkehr muss gesichert sein und Messung muss fortgesetzt werden.	Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig mit Erreichen des Startzeitpunkts für den nächsten Messzyklus (in der Eignungsprüfung nach Erreichen der nächsten vollen Stunde) den Messbetrieb fort.	ja	73
5.2.5 Gerätefunktionen	Müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale überwachbar sein.	Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus überwacht werden.	ja	74
5.2.6 Umschaltung	Messen/Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch und manuell auslösbar sein.	Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle (hier: interne Nullpunkt- und Referenzmessung) ist telemetrisch und manuell auslösbar.	ja	76
5.2.7 Wartungsintervall	Möglichst 3 Monate, mindestens 2 Wochen.	Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.	ja	77

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
5.2.8 Verfügbarkeit	Mindestens 95 %.	Die Verfügbarkeit betrug für SN 1512361 100 % und für SN 1512401 99,7 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle bzw. 92,0 % für SN 1512361 sowie 92,0 % für SN 1512401 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.	ja	78
5.2.9 Gerätesoftware	Muss beim Einschalten angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.	Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.	ja	80
5.3 Anforderungen an Messeinrichtungen für gasförmige Luftverunreinigungen				
5.3.1 Allgemeines	Mindestanforderungen gemäß VDI 4202 Blatt 1.	Die Prüfung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden daher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B0, B1 und B2). Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.	ja	82
5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Maximal B_0.	Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,66 µg/m³ für Gerät 1 (SN 1512361) und zu 0,75 µg/m³ für Gerät 2 (SN 1512401).	ja	84
5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	86
5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.	Für Staubmesseinrichtungen für $PM_{2,5}$ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.	-	87

Mindestanforderung		Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.3.5	Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks	Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	88
5.3.6	Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	89
5.3.7	Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Nullpunktmesswert darf bei ΔTu um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C B_0 nicht überschreiten. Der Messwert im Bereich von B_1 darf nicht mehr als ± 5 % bei ΔTu um 15 K zwischen +5 °C und +20 °C bzw. um 20 K zwischen +20 °C und +40 °C betragen.	Es konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur im Bereich 5 °C bis 40 °C auf den Nullpunkt von -1,0 µg/m³ festgestellt werden. Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen >-3,0 % zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.	ja	90
5.3.8	Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Messwertänderung bei B_1 maximal B_0 im Spannungsintervall (230 +15/-20) V.	Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen >- 1,4 % für $PM_{2,5}$, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.	ja	93
5.3.9	Querempfindlichkeit	Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	95



Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
5.3.10 Mittelungseinfluss	Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen. Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	96
5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: RD $\geq$ 10 bezogen auf B_1.	Die Reproduzierbarkeit für $PM_{2,5}$ betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 21.	ja	97
5.3.12 Langzeitdrift	Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Für PM: Nullpunkt: In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal B_0. Referenzpunkt: In 24 Stunden und im Wartungsintervall maximal 5 % von B_1.	Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag bei 1,5 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 1,7 µg/m³ bezogen auf den Startwert. Die im Rahmen der Untersuchung ermittelten Werte für die Drift der Empfindlichkeit betrugen, bezogen auf den Vorgängerwert, maximal -2,7 % für $PM_{2,5}$.	ja	99
5.3.13 Kurzzeitdrift	Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	105

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
5.3.14 Einstellzeit	Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen. Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen. Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.	Nicht zutreffend.	-	106
5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang	Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten	Nicht zutreffend.	-	107
5.3.16 Konverterwirkungsgrad	Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 98 % betragen.	Nicht zutreffend.	-	108
5.3.17 Anstieg der NO_2-Konzentration durch Verweilen im Messgerät	Bei NO_x-Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO_2-Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.	Nicht zutreffend.	-	109
5.3.18 Gesamtunsicherheit	Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.	Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.	-	110

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	einge-halten	Seite
5.4 Anforderungen an Messeinrichtungen für partikelförmige Luftverunreinigungen				
5.4.1 Allgemeines	Prüfung gemäß Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1. Partikelmassenkonzentration muss auf definiertes Volumen bezogen sein.	Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010). Die ermittelte Partikelmasse wird auf ein definiertes und aktiv geregeltes Probenahmevolumen bezogen und somit die Partikelmassenkonzentration bestimmt.	ja	111
5.4.2 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems	Zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T2] ist nachzuweisen.	Für PM2,5-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.	-	112
5.4.3 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme	Ist im Feldtest nach DIN EN 12 341 [T2] für zwei baugleiche Probenahmesysteme nachzuweisen.	Für PM2,5-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.	-	113
5.4.4 Kalibrierung	Durch Vergleichsmessung im Feldtest mit Referenzverfahren nach DIN EN 12341 und DIN EN 14907; Zusammenhang zwischen Messsignal und gravimetrischer Referenzkonzentration als stetige Funktion ermitteln.	Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.	ja	114
5.4.5 Querempfindlichkeit	Maximal 10 % vom Grenzwert.	Es konnte kein Störeinfluss >-0,6 µg/m³ Abweichung vom Sollwert für $PM_{2,5}$ durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" [4] ist auch für Tage mit einer relativen Luftfeuchte > 70 % gegeben.	ja	116
5.4.6 Mittelungseinfluss	Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen. Die Summe aller Filterwechsel darf innerhalb von 24 h nicht mehr als 1 % dieser Mittelungszeit betragen.	Mit der beschriebenen Gerätekonfiguration und einem Messzyklus von 1 h bei einer Belegzahl von 24 ist die Bildung von validen Tagesmittelwerten auf Basis der 24 Messzyklen möglich	ja	119

Mindestanforderung	Anforderung	Prüfergebnis	eingehalten	Seite
5.4.7 Konstanz des Probenahmevolumenstroms	± 3 % vom Sollwert während der Probenahmedauer; Momentanwerte ± 5 % vom Sollwert während der Probenahmedauer.	Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 3 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.	ja	121
5.4.8 Dichtheit des Probenahmesystems	Undichtigkeit maximal 1 % vom Probenahmevolumen.	Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung – Durchfluss maximal 10 l/h bei blockiertem Einlass - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit. Die maximal ermittelte Leckrate von 1 l/h ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 1000 l/h (16,67 l/min).	ja	124
5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen ubs	Ist im Feldtest gemäß Punkt 9.5.2.1 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ für zwei baugleiche Systeme zu ermitteln.	Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} liegt mit maximal 0,84 µg/m³ für $PM_{2,5}$ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m³.	ja	127
5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge	Ermittlung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß den Punkten 9.5.2.2ff des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“.	Die ermittelten Unsicherheiten WCM liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit Wdqo von 25 % für Feinstaub.	ja	134
5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen	Ist die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [7] festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.2.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ erfüllen.	Die Prüflinge erfüllen während der Prüfung die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen schon ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren. Eine Korrektur der Steigung und des Achsabschnitts führt dennoch zu einer weiteren erheblichen Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz.	ja	148
5.5 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen	Müssen für jede Einzelkomponente im Simultanbetrieb aller Messkanäle erfüllt sein.	Nicht zutreffend.	-	154

2. Aufgabenstellung

2.1 Art der Prüfung

Im Auftrag der DURAG GmbH wurde von der TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH eine Eignungsprüfung für die Messeinrichtung F-701-20 mit $PM_{2,5}$ Vorabscheider vorgenommen. Die Prüfung erfolgte als vollständige Eignungsprüfung.

2.2 Zielsetzung

Die Messeinrichtung soll den Gehalt an $PM_{2,5}$ Feinstaub in der Umgebungsluft im Konzentrationsbereich 0 bis 1000 µg/m³ bestimmen.

Die Eignungsprüfung war anhand der aktuellen Richtlinien zur Eignungsprüfung unter Berücksichtigung der neuesten Entwicklungen durchzuführen.

Die Prüfung erfolgte unter Beachtung der folgenden Richtlinien:

- VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, September 2010 bzw. Juni 2002 [1]
- VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, September 2010 bzw. August 2004 [2]
- Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der $PM_{2,5}$-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005 [3]
- Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung von Januar 2010 [4]

3. Beschreibung der geprüften Messeinrichtung

3.1 Messprinzip

Die Immissionsmesseinrichtung F-701-20 basiert auf dem Messprinzip der Beta-Abschwächung.

Das Luftvolumen wird durch ein Glasfaserfilterband hindurchgesaugt, wobei die Staubpartikel auf dem Filter abgeschieden werden. Der Volumenstrom wird von der Steuerung geregelt und aufgezeichnet. Nach der Absaugzeit wird die auf dem Filter gesammelte Masse radiometrisch ausgemessen. Dazu wird eine Messanordnung bestehend aus einem Beta-Strahler (C14) und einem Geiger-Müller-Zählrohr (GM) verwendet.

Das Messprinzip zur Staubmassenbestimmung basiert darauf, dass Beta-Strahlen beim Durchtritt durch Materie abgeschwächt werden. Die Intensität der Strahlung (Pulse pro Messzeit) wird zunächst nach dem Durchtritt durch das unbelegte saubere Filterpapier bewertet. Nach der Staubsammlung wird erneut die Intensität der Strahlung gemessen. Das Verhältnis der beiden Intensitäten ist ein Maß für die auf dem Filterfleck gesammelte Staubmenge (homogene Verteilung auf der Filterfläche vorausgesetzt) und damit bei konstanter Querschnittsfläche des belegten Filterflecks ein Maß für die absolute Staubmasse. Die absolute Staubmasse dividiert durch die abgesaugte Luftmenge ergibt dann die Staubkonzentration.

Das radiometrische Messverfahren ist universell anwendbar, da es in weiten Grenzen unabhängig von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Staubes und des Trägergases die Masse des Staubes bestimmt.

Bei homogener Verteilung des Staubniederschlages mit der Masse m auf einer Filterfläche A_F gilt bis 5 mg/cm² in guter Näherung die lineare Beziehung:

$$\ln (n_0/n) = (\mu/\rho) * d$$

mit: $d = m/A_F$ — in µg/cm², Staubflächendichte bei einem Staubniederschlag in µg auf der konstanten Niederschlagsfläche in cm²

μ/ρ — in cm²/g ist der Massenschwächungskoeffizient

μ — in cm^{-1} ist der lineare Schwächungskoeffizient der verwendeten Beta-Strahlung

ρ — in g/cm³ ist die Dichte des Absorbermaterials

n_0 und n — die vom Zähler ohne (=0-Rate) bzw. mit Staub (=M-Rate) pro Minute er fassten Beta-Teilchen, die elektronisch als Spannungsimpulse registriert werden. Die Impulsrate ist ein Maß für die Strahlungsintensität.

Der Massenschwächungskoeffizient μ/ρ der verwendeten Beta-Strahlung ist abhängig von der Elektronendichte des Absorbers und damit proportional dem Verhältnis (Z/A)

mit: Z — chemische Ordnungszahl

A — Massenzahl

Da jedoch für die meisten vorkommenden Stäube das Verhältnis (Z/A) = 0,45…0,5 näherungsweise konstant ist, ist die Beta-Strahlenschwächung praktisch unabhängig von der chemischen Zusammensetzung und der Korngrößenverteilung des Staubes.

Bei konstant bleibender Filterfläche lässt sich, da (μ/ρ) = konstant ist, die auf dem Filter A abgeschiedene Staubmasse aus der Strahlenschwächung nach der folgenden Gleichung bestimmen:

$$m = A_F * (\rho/\mu) * \ln (n_0/n)$$

mit: m absolute Staubmasse in g

A_F Filterfleckfläche in cm²

Da der Massenschwächungskoeffizient (μ/ρ) mit abnehmender Beta-Maximalenergie zunimmt, ist die Massenbestimmung durch die Beta-Absorptionsmessung umso empfindlicher, je energieschwächer die verwendete Beta-Strahlung ist.

Die Staubkonzentration ergibt sich aus der absoluten Masse, dividiert durch das abgesaugte Luftvolumen.

$$c = m / Q$$

mit: c Staubkonzentration in g/m³

Q abgesaugtes Luftvolumen in m³

3.2 Funktionsweise der Messeinrichtung

Die Immissionsmesseinrichtung F-701-20 basiert auf dem Prinzip der Beta-Abschwächung.

Die Partikelprobe passiert mit einer Durchflussrate von 1 m³/h (=16,67 l/min) den $PM_{2,5}$-Probenahmekopf und gelangt über das Probeneinlassrohr zum eigentlichen Messgerät F-701-20.

Im Rahmen der Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung mit einem aktiv belüfteten Probeneinlassrohr und ohne eine Rohrbegleitheizung geprüft. Bei Einsatz des aktiv belüfteten Probeneinlassrohres wird ständig Außenluft mittels einer Ventilatoreinheit durch das äußere Hüllrohr befördert, so dass das eigentliche Probenahmerohr im Innern bis zur Messstrecke im Gerät auf der Temperatur der Außenluft gehalten wird. Die Stromversorgung der Ventilatoreinheit erfolgt über das Gerät selbst. Eine zusätzliche passive Isolation des Außenrohrs kann bei extremen Unterschieden zwischen Umgebungstemperatur und Temperatur im Aufstellungsraum des Gerätes hilfreich sein.

Die Messeinrichtung selbst ist kompakt aufgebaut (siehe auch Abbildung 1). Bis auf die Probenahmesonde (Probeneinlassrohr, Probenahmekopf), den meteorologischen Sensor zur Messung von Luftdruck und Umgebungstemperatur und die Installation zur aktiven Belüftung des Probeneinlassrohres sind alle Komponenten in einem Gehäuse untergebracht.

Das Messgerät wird durch ein Mikrokontrollerboard gesteuert.

Der Filterbandtransport wird von der Vorratsrolle zur Aufwickelrolle durch einen Schrittmotor realisiert. Das Geiger-Müller-Zählrohr bestimmt über die Abschwächung der von der C14-Strahlungsquelle ausgehenden Strahlungsintensität die Massezunahme auf dem Filterband. Die Luft wird durch die Pumpe abgesaugt, wobei der Volumenstrom durch das Volumenstrom-Meter gemessen und mittels des Bypass-Ventils konstant auf 1000 l/h geregelt wird. Eine Elektronik steuert die Messvorgänge, ermöglicht eine benutzerfreundliche Bedienung über einen Touchscreen und speichert die Messwerte.

Optional kann das Gerät die gemessenen Staubproben mit einer Abdeckfolie gegen Verschmierung und Verlust schützen, um eine nachträgliche Laboruntersuchung auf Staubinhaltsstoffe, z.B. Schwermetalle, zu ermöglichen. Diese Option war nicht Bestandteil der Eignungsprüfung.

Bei regulärem Messablauf wird am Anfang der Messung ein unbelegter Filterfleck zwischen C14-Strahler und Zählrohr transportiert. Für 300 s wird dann die Strahlungsintensität gemessen, d.h. die vom Zählrohr erzeugten Impulse werden als Maß für die detektierte Beta-Strahlung gewertet.

Anschließend wird der Filterhalter geöffnet und das Filterband solange transportiert, bis sich diese bewertete Filterfläche in der Absaugposition befindet. Der Filterhalter wird anschließend wieder geschlossen und der Absaugvorgang beginnt. Nach Beenden der Probenahme wird der Filterhalter wieder geöffnet und das Filterpapier in die ursprüngliche Position unter das Zählrohr gelegt. Der Filterhalter schließt und die Strahlenintensität wird wieder für 300 s gemessen.

Aus den gemessenen Zählraten vor und nach Absaugung wird dann die Staubmesse gemäß Kapitel 3.1 ermittelt und die Staubkonzentration durch die Verrechnung mit der abgesaugten Luft berechnet.

Die Absaugdauer entspricht der jeweils programmierten Zykluszeit und der programmierten Belegzahl abzüglich der Messzeit bzw. Zeiten für Filterbandbewegungen. Über die Belegzahl kann eine Mehrfachbelegung eines Filterspots festgelegt werden. Sie kann zwischen 1 (=für jeden Zyklus einen neuen Filterspot) und 24 (=ein Filterspot wird 24fach belegt) parametriert werden.

Die Absaugdauer beträgt daher:

Für Zykluszeit 60 min und Belegzahl 1:

60 min – (2 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 48 min

Bei einer Belegzahl >1 dient dann die Messung nach einer Absaugung sowohl zur Kalkulation des Messwerts des abgeschlossenen Zyklus als auch als Startmessung für den nachfolgenden Zyklus, d.h. pro Zyklus ist nur eine radiometrische Messung von 300 s notwendig.

In der Eignungsprüfung war eine Zykluszeit von 60 min mit einer Belegzahl 24 parametriert. Die Absaugdauer beträgt dann:

Zyklus 1: 60 min – (2 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 48 min

Zyklus 2-24: 60 min – (1 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 53 min

Die ermittelten Messwerte werden im Display angezeigt und sind sowohl als 4-20 mA Analogsignal als auch über serielle RS232-Schnittstelle (z.B. mittels Bayern-Hessen-Protokoll, Gesytec) verfügbar. Alle Messwerte der letzten 9 Monate sind im Gerät gespeichert und stehen am Display und über die serielle Schnittstelle zur Verfügung. Ein Download der Messwerte, der Fehlermeldungen sowie der Geräteparameter ist über diesen Weg einfach über ein Terminalprogramm möglich. Optional kann zur Kennzeichnung der gesammelten Staubprobe auch das Filterpapier bedruckt werden. Die letztgenannte Option war nicht Bestandteil der Eignungsprüfung.

Abbildung 1: Schematische Darstellung – Aufbau der Messeinrichtung F-701-20, hier ohne aktiv belüftetes Probeneinlassrohr

3.3 Umfang und Aufbau der Messeinrichtung

Die Messeinrichtung besteht aus dem $PM_{2,5}$-Probenahmekopf, dem Meteorologiesensor, dem Probeneinlassrohr mit aktiver Belüftung, dem eigentlichen Messgerät F-701-2 inkl. Glasfaserfilterband, den jeweils zugehörigen Anschlussleitungen und –kabeln sowie Adaptern, der Dachdurchführung inkl. Flansch sowie dem Handbuch in deutscher Sprache.

Abbildung 2 zeigt einen Überblick über die Messeinrichtung F-701-20.

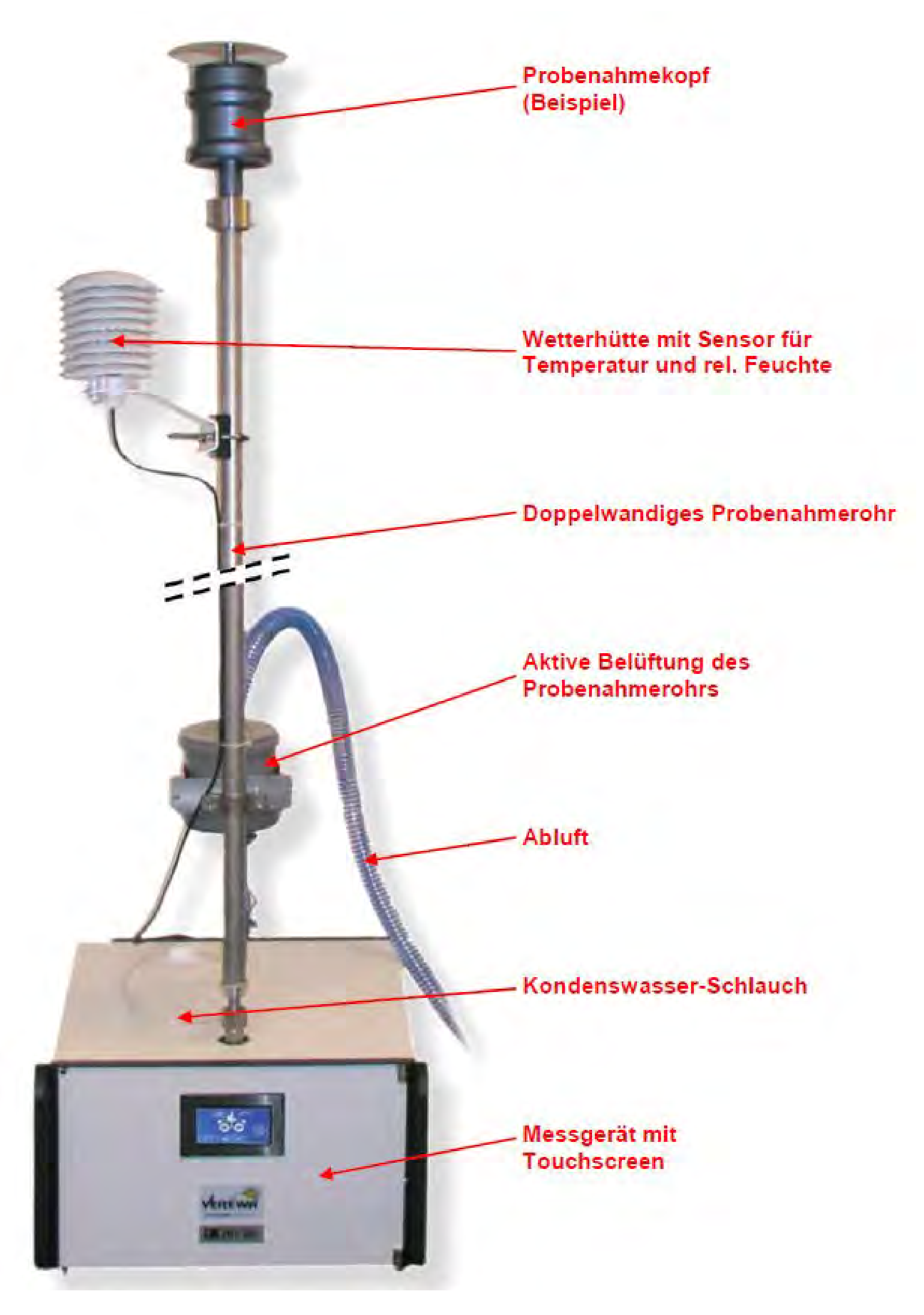


Abbildung 2: Darstellung F-701-20

Als Probenahmekopf wird ein $PM_{2,5}$ Probeneinlass (Hersteller: Fa. Comde-Derenda GmbH, Stahnsdorf) eingesetzt. Alternativ ist auch der Einsatz von TSP- oder PM_{10}-Probeneinlässen möglich.



Abbildung 3: Probenahmekopf $PM_{2,5}$

Die Verbindung zwischen Probenahmekopf und Messgerät erfolgt durch das aktiv belüftete Probeneinlassrohr. Bei Einsatz des aktiv belüfteten Probeneinlassrohres wird ständig Außenluft mittels einer Ventilatoreinheit durch das äußere Hüllrohr befördert, so dass das eigentliche Probenahmerohr im Innern bis zur Messstrecke im Gerät auf der Temperatur der Außenluft gehalten wird. Die Länge des Probeneinlassrohres in der Eignungsprüfung betrug 2m, alternativ sind auch standardmäßig die Längen von 1 m und 3 m verfügbar.





Abbildung 4: Aktive Belüftung Probenahmesystem im Feldtest

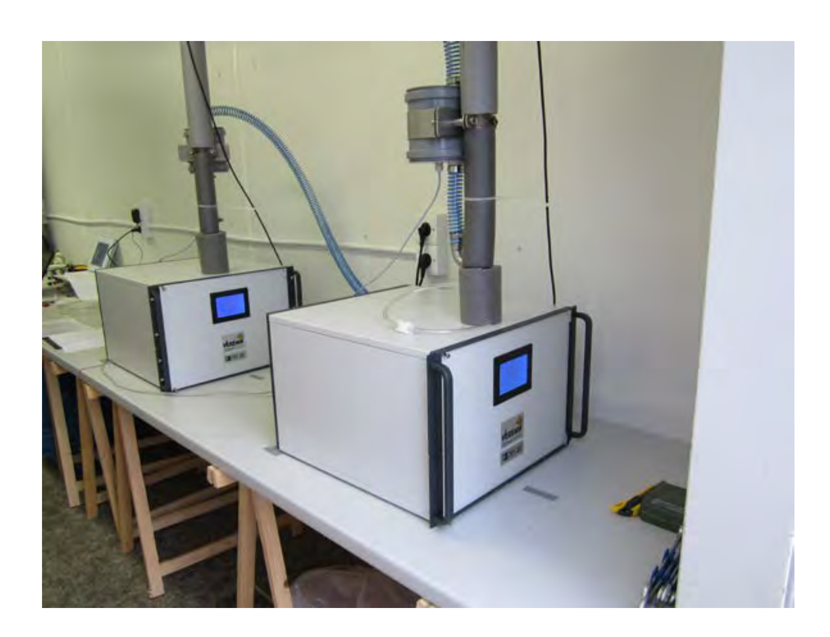


Abbildung 5: F-701-20 in Feldtestinstallation

Zur externen Nullpunktüberprüfung der Messeinrichtung wird ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.



Abbildung 6: Nullfilter zur Erzeugung schwebstaubfreier Luft, im Feldeinsatz

Zur externen Überprüfung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller eine Referenzfolie zur Verfügung.



Abbildung 7: Referenzfolie

Die Bedienung der Messeinrichtung erfolgt auf der Frontseite der Messeinrichtung über Touchscreen-Display. Der Benutzer kann Messdaten und Geräteinformationen abrufen, Parameter ändern sowie Tests zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung durchführen.

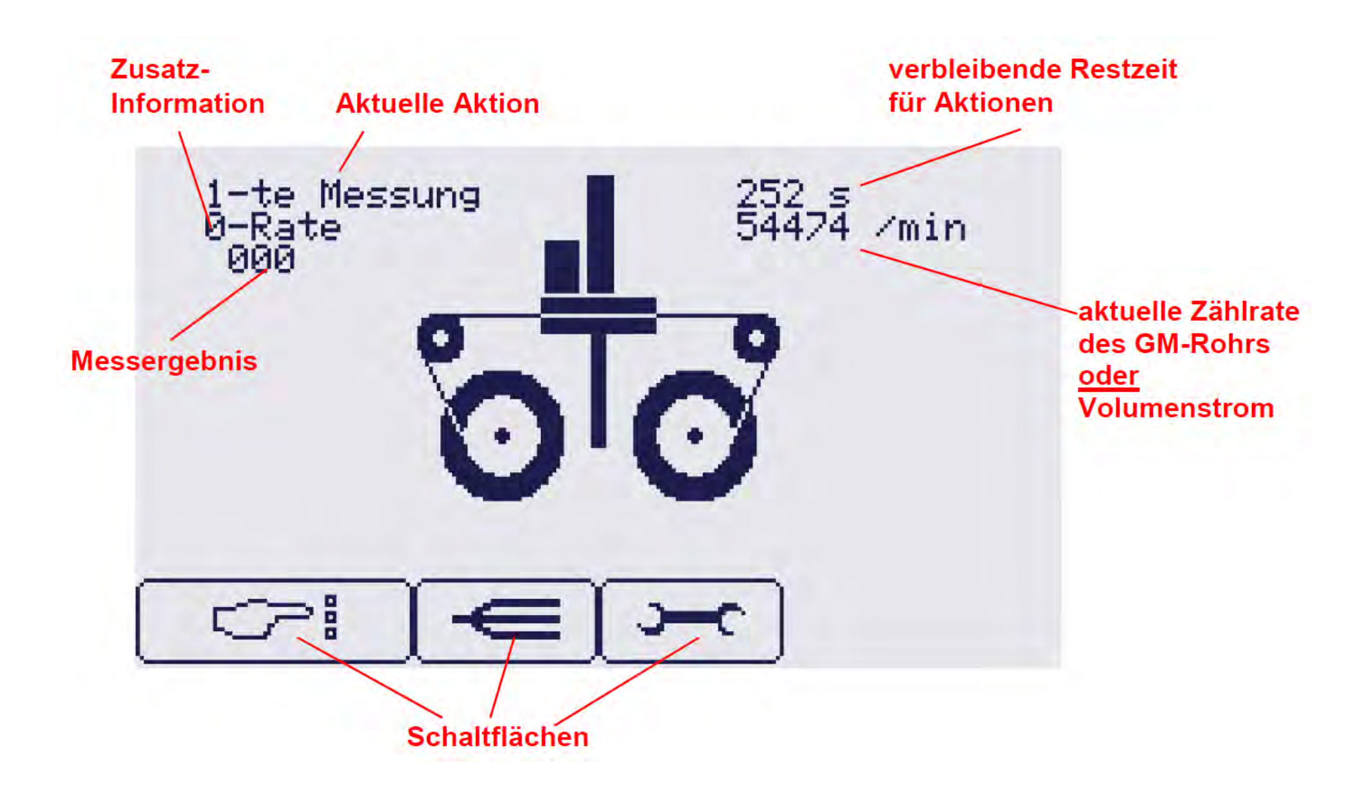


Abbildung 8: Hauptmenü F-701-20

Nach Gerätestart erscheint das Hauptmenü. Hier werden verschiedene Informationen angezeigt, wie

- Aktueller Gerätestatus (Messung; n-te Messung (Zyklusnummer bei Mehrfachbelegung); Standby)
- Zusatzinformationen z.B. Status im aktuellen Messzyklus (0-Rate…)

Über drei Schaltflächen stehen folgende Aktionen zur Verfügung:

Zwischen Mess-, Datenanzeige- und Parametrier-Modus wechseln.

Gehe zu einem Untermenü / zeige zusätzliche Informationen an

Wartungsmenü aufrufen

Über die Taste kann im Normalbetrieb zwischen den folgenden Menüs gewechselt werden:

Mess-Modus: Staubmessung und Anzeige der Ergebnisse, Anzeige der aktuellen Aktivitäten, Durchführung von Serviceaktionen

Datenanzeige-Modus: Anzeige der gemessen Werte in Grafik- oder Tabellenform sowie von Status- und Fehlermeldungen

Parametrier-Modus: Anzeige und Änderung der Geräteparameter

Im Parametrier-Modus können alle Parameter eingesehen werden und nach Passworteingabe geändert werden. Abbildung 9 gibt einen Gesamtüberblick über die Menüstruktur der Parameter. Die einzelnen Parameter sind im Gerätehandbuch in Kapitel 7.3.3 ausführlich beschrieben.

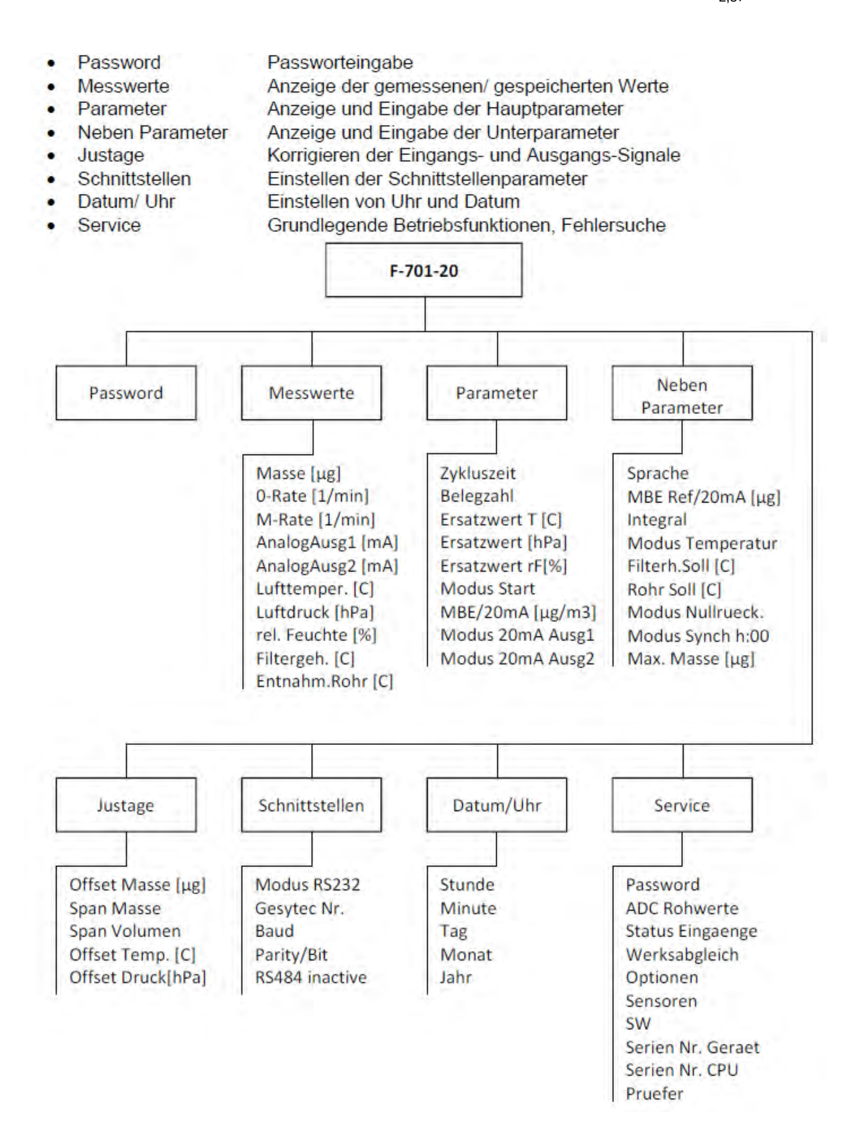
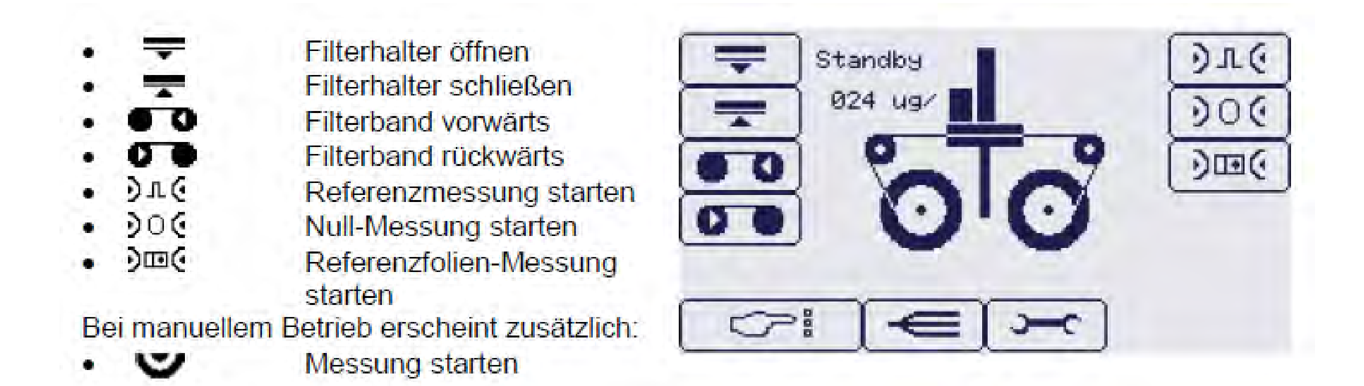


Abbildung 9: Flussdiagramm – Menüstruktur der Parameter

Durch Betätigen der Taste [⇐] können zusätzliche Informationen abgerufen werden, so stehen im Mess-Modus Zusatzinformationen z.B. zum normierten Volumenstrom, Außentemperatur, rel. Luftfeuchte und Umgebungsdruck zur Verfügung.



Durch Betätigen der Taste [Schraubenschlüssel-Symbol] wird das Wartungsmenü nach Eingabe des entsprechenden Passwortes aktiviert. Es können folgende Aktionen durchgeführt werden:



Neben der direkten Kommunikation via Touchscreen-Display besteht weiterhin die Möglichkeit mit der Messeinrichtung via RS232 zu kommunizieren. Im Rahmen der Eignungsprüfung erfolgte der Zugriff auf die Messeinrichtungen insbesondere zum Download der intern gespeicherten Messdaten via RS232 und der Terminal-Software HyperTerminal.

Abbildung 10 gibt einen Gesamtüberblick über die Parameter der Prüflinge während der Eignungsprüfung (am Beispiel des Gerätes SN 1512361).

```
                                  P_1512361.TXT
Parameter Ausdruck  15.10.13 14:33
-------------------------  Stammdaten:  --------------------------------------
Beta Staubmeter  F 701-20
Serien Nr.Geraet  1512361  Serien Nr.CPU     1227716
Silicon Serial Number      8A-70-00-00-00-0C-E9-68
SW 3.10

-------------------------  Parameter:  ---------------------------------------
Zykluszeit             1 h  Belegzahl             24  Ersatzwert T [C]      20
Ersatzwert [hPa]      1013  Ersatzwert rF[%]      50  Modus Start       60 Min
MBE/20mA [ug/m3]       200  Modus 20mA Ausg1    conc  Modus 20mA Ausg2    mass

Sprache            Deutsch  MBE Ref/20mA[ug]    1000  Integral               1
Modus Temperatur  humidity  Filterh.Soll [C]       3  Rohr    Soll [C]       3
Modus Nullrueck.  inactive  Modus Synch h:00      10  Max. Masse [ug]      250

Offset Masse[ug]         0  Span   Masse           1  Span Volumen       0.982
Offset Temp. [C]         1  Offset Druck hPa      -8

Modus RS232       terminal  Gesytec Nr.          123  Baud              9600bd
Parity/Bit         no    8  RS485 inactive

-------------------------  Fertigungseinstellungen:  -------------------------
Offset sc1  [ug]         0  Offset sc2-n[ug]       0  Span Service           1
Offs Fi-Ha[0.1C]         0  Filter adapt.100    4258  Filter adapt.120    9001
Tube heater 100       4240  Tube heater 120     9019  Temperature 100     4271
Temperature 120       9022  Volumesensor 1 V    3278  Volumesensor 5 V   15613
Pressure   4 mA       4024  Pressure 20 mA     15679  Reserve   4 mA      4000
Reserve 20 mA        15000  b 20 mA Out1       0.998  c 20 mA Out1       0.016
b 20 mA Out2         1.001  c 20 mA Out2       0.021

Meldung debounce         0  Beta Sensor      GM tube  Geraetetyp     F701- 20
Filter Motor         micro  Abstand Qu./Rohr    1600  Abstand Flecken     1600
Intell. Korr.     Active 1  ICC Wert            0.39  Vol. GM Quelle       780
Filter Drucker    inactive

Sensor Luft T      meteor.  Sensor Luft p     4/20mA  Druck b            31.25
Druck c                675  Sensor Luft rF   meteor.
```

Abbildung 10: Übersicht Parameterausdruck F-701-20

Tabelle 2 enthält eine Auflistung wichtiger gerätetechnischer Kenndaten des Schwebstaubimmissionsmessgerätes F-701-20.

Tabelle 2: Gerätetechnische Daten F-701-20 (Herstellerangaben)

Abmessungen / Gewicht	**F-701-20**
Messgerät	482 x 530 x 320 mm / 31 kg
Probenahmerohr	Einfaches oder doppelwandiges Probenahmerohr, Länge 1 , 2 m oder 3 m
Probenahmekopf	je nach Hersteller, in Eignungsprüfung Comde-Derenda GmbH, Probenahmekopf PM2,5 1,0m³/h für Rohranschluss 16 mm
Energieversorgung	Analysator: 230 V / 50 Hz oder 115 V / 60 Hz
Leistungsaufnahme	ca. 400 W
Umgebungsbedingungen	
Temperatur	+5 bis +40 °C (in Eignungsprüfung)
Feuchte	nicht kondensierend
Probenflussrate (Inlet)	16,67 l/min = 1 m³/h
Radiometrie **Strahler**	^{14}C-Flächenstrahler, <450 kBq (< 12,5 µCi)
Detektor	Geiger-Müller-Endfensterzählrohr
Parameter Filterwechsel	
Filterband	Glasfaserfilter, 30 m oder 45 m
Messzyklus (Zykluszeit)	15 min - 24 h In Eignungsprüfung: 1 h (24 Wechsel pro Tag)
Belegzahl (Mehrfachbelegung)	1 – 24 In Eignungsprüfung: 24 (max. 24 Zyklen pro Filterfleck)
Max. Staubmasse pro Filterfleck	Abhängig von der Staubzusammensetzung, parametrierbar, in Eignungsprüfung 400 µg
Parameter Probennahmenkonditionierung	
Konditionierung Probeneinlassrohr	Aktive Belüftung
Speicherkapazität Daten (intern)	Abhängig von Größe der SD-Karte, Zugriff direkt am Gerät über Menü auf Daten für letzten 9 Monate

	F-701-20
Geräteeingänge und -ausgänge	Ausgänge: Analog 4-20 mA Digital RS232
Protokolle	Kommunikation mit PC via RS232 Bayern-Hessen, Gesytec
Statussignale / Fehlermeldungen	vorhanden, Übersicht siehe Kapitel 6 Tabelle 3 (Statussignale) bzw. Kapitel 11 Tabelle 7 (Fehlermeldungen) des Bedienungshandbuch



4. Prüfprogramm

4.1 Allgemeines

Die Eignungsprüfung erfolgte an zwei identischen Geräten mit den Seriennummern SN 1512361 und SN 1512401.

Die Prüfung wurde im Dezember 2012 mit der Softwareversion 3.07 begonnen. Im Rahmen der Softwarepflege wurde die Messeinrichtung zwischenzeitlich zur Version 3.10 weiterentwickelt und optimiert. Der Gerätehersteller DURAG GmbH unterzieht sich an seinem Produktionsstandort in Hamburg seit 2010 der regelmäßigen Überwachung gemäß Richtlinie DIN EN 15267-2. Seit 2013 befindet sich auch die Messeinrichtung F-701-20 im Auditumfang. Die durchgeführten Modifikationen der Software wurden gemäß den Vorgaben der Richtlinie DIN EN 15267-2 beschrieben, bewertet, der Änderungstyp klassifiziert und die Informationen dem Prüfinstitut zur Verfügung gestellt.

Es erfolgten im Detail folgende Modifikationen der Software zwischen Version 3.07 und 3.10:

Tabelle 3: Übersicht der Softwarestände während der Eignungsprüfung

Version	Beschreibung der Änderungen	Art der Änderung	Bewertung Prüfinstitut
3.07	Startversion	-	-
3.10	Ein softwaremäßiger Dongle wurde implementiert um ein Kopieren der Hardware zu erschweren.	Funktionserweiterung	Kein Einfluss
	Die im Display dargestellte Uhrzeit lässt sich auch mit Sekunden darstellen.	Funktionserweiterung	Kein Einfluss
	Beim Parameter „Zykluszeit“ wurde der Wert „1/2 h“ nicht dauerhaft gespeichert (die anderen Einstellungen funktionierten einwandfrei). Stattdessen war die Zykluszeit nach dem Einschalten eine Stunde. Der Fehler wurde korrigiert.	Fehlerbeseitigung	Kein Einfluss
	Benennung Parameter von „Modus Start h:00“ in „Modus Synch h:00“	Kosmetisch	Kein Einfluss
	Parameter „Abstand Qu./Rohr“ und „Abstand Flecken“ in der Menüstruktur von Menüpunkt „Neben Parameter“ nach „Service/Optionen“ verschoben.	Kosmetisch	Kein Einfluss

3.10	Der Parameter Q-Check wird bei Auslesen der Parameter via der seriellen Schnittstelle nicht mehr ausgegeben	Kosmetisch	Kein Einfluss
	Bei der Einschaltmeldung auf dem Display wird das Erstelldatum der Software nicht mehr angezeigt (führte zu Verwechselung mit dem aktuellen Datum)	Kosmetisch	Kein Einfluss

Die durchgeführten Änderungen dienen der Funktionserweiterung, der Fehlerbeseitigung sowie der kosmetischen Produktpflege. Sie haben keinen Einfluss auf die Performance der Messeinrichtung.

Mit Beginn der dritten von insgesamt vier Vergleichsmesskampagnen wurde die Softwareversion von 3.07 auf 3.10 upgedatet und dann über die Vergleichskampagnen Köln, Herbst und Köln, Winter auf den Geräten betrieben.

Die Prüfung umfasste einen Labortest zur Feststellung der Verfahrenskenngrößen sowie einen mehrmonatigen Feldtest an verschiedenen Feldteststandorten.

Alle ermittelten Konzentrationen werden in µg/m³ (Betriebsbedingungen) angegeben.

Im folgenden Bericht wird in der Überschrift zu jedem Prüfpunkt die Mindestanforderung gemäß den berücksichtigten Richtlinien [1, 2, 3, 4] mit Nummer und Wortlaut angeführt.

4.2 Laborprüfung

Die Laborprüfung wurde mit zwei identischen Geräten vom Typ dem F-701-20 mit den Seriennummern SN 1512361 und SN 1512401 durchgeführt. Nach den Richtlinien [1, 2] ergab sich folgendes Versuchsprogramm im Labor:

- Beschreibung der Gerätefunktionen
- Ermittlung der Nachweisgrenze
- Ermittlung der Abhängigkeit des Nullpunktes / der Empfindlichkeit von der Umgebungstemperatur
- Ermittlung der Abhängigkeit der Empfindlichkeit von der Netzspannung

Folgende Geräte kamen für den Labortest zur Ermittlung der Verfahrenskenngrößen zum Einsatz:

- Klimakammer (Temperaturbereich von –20 °C bis +50 °C, Genauigkeit besser als 1 °C)
- Trennstelltrafo
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Nullfilter zur externen Nullpunktüberprüfung
- Referenzfolien

Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgte geräteintern. Die gespeicherten Messwerte wurden via RS232-Schnittstelle mittels Hyperterminal ausgelesen.

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind unter Punkt 6 zusammengestellt.

4.3 Feldtest

Der Feldtest wurde mit 2 baugleichen Messeinrichtungen durchgeführt. Dies waren:

Gerät 1: SN 1512361

Gerät 2: SN 1512401

Es ergab sich folgendes Prüfprogramm im Feldtest:

- Untersuchung der Vergleichbarkeit der Testgeräte gemäß Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”
- Untersuchung der Vergleichbarkeit des Testgerätes mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden “Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”
- Ermittlung der Kalibrierfähigkeit, Aufstellung der Analysenfunktion
- Bestimmung der Reproduzierbarkeit
- Ermittlung der zeitlichen Änderung des Nullpunktes und der Empfindlichkeit
- Betrachtung der Abhängigkeit der Messwerte von der im Messgut enthaltenen Luftfeuchte
- Ermittlung des Wartungsintervalls
- Bestimmung der Verfügbarkeit
- Überprüfung der Konstanz des Probenahmevolumenstroms
- Ermittlung der Gesamtunsicherheit der Testgeräte

Für den Feldtest wurden folgende Geräte eingesetzt:

- Messcontainer des TÜV Rheinland, klimatisiert auf ca. 20 °C
- Wetterstation (WS 500 der Fa. ELV Elektronik AG, in Deutschland) zur Erfassung meteorologischer Kenngrößen wie Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie der Regenmenge
- 2 Referenzmessgeräte LVS3 für $PM_{2,5}$ gemäß Punkt 5
- 1 Gasuhr, trockene Bauart
- 1 Massendurchflussmesser Model 4043 (Hersteller: TSI)
- Messgerät zur Erfassung der Leistungsaufnahme Metratester 5 (Hersteller: Fa. Gossen Metrawatt)
- Nullfilter zur externen Nullpunktüberprüfung
- Referenzfolien

Im Feldtest liefen jeweils für 24 h zeitgleich zwei Prüflinge und zwei Referenzgeräte $PM_{2,5}$. Das Referenzgerät arbeitet diskontinuierlich, d. h. nach erfolgten Probenahmen muss das Filter manuell gewechselt werden.

Die Impaktionsplatten der $PM_{2,5}$-Probenahmeköpfe der Referenzgeräte wurden in der Prüfung ca. alle 2 Wochen gereinigt und mit Silikonfett eingefettet, um eine sichere Trennung und Abscheidung der Partikel zu gewährleisten. Die $PM_{2,5}$-Probenahmeköpfe der Prüflinge wurden ca. alle 4 Wochen gereinigt. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind.

Bei den Prüflingen sowie bei den Referenzgeräten wurde der Durchfluss vor und nach jedem Standortwechsel mit einer trockenen Gasuhr bzw. mit einem Massendurchflussmesser, der über eine Schlauchleitung an der Lufteintrittsöffnung des Gerätes angeschlossen ist, überprüft.

Messstandorte und Messgerätestandorte

Die Messgeräte wurden im Feldtest so installiert, dass nur die Probenahmeköpfe außerhalb des Messcontainers über dessen Dach eingerichtet sind. Die Zentraleinheiten der beiden Testgeräte waren im Innern des klimatisierten Messcontainers untergebracht. Die Referenzsysteme (LVS3) wurden komplett im Freien auf dem Dach installiert.

Der Feldtest wurde an folgenden Messstandorten durchgeführt:

Tabelle 4: Feldteststandorte

Nr.	Messstandort	Zeitraum	Charakterisierung
1	Bonn, Straßenkreuzung, Winter	02/2013 – 05/2013	Verkehrseinfluss
2	Bornheim, Autobahnparkplatz, Sommer	05/2013 – 07/2013	Ländliche Struktur + Verkehrseinfluss
3	Köln, Parkplatzgelände, Herbst	09/2013 – 12/2013	Städtischer Hintergrund
4	Köln, Parkplatzgelände, Winter	01/2014 – 03/2014	Städtischer Hintergrund



Abbildung 11 bis Abbildung 14 zeigen den Verlauf der $PM_{2,5}$-Konzentrationen an den Feldteststandorten, die mit den Referenzmesseinrichtungen aufgenommen wurden.

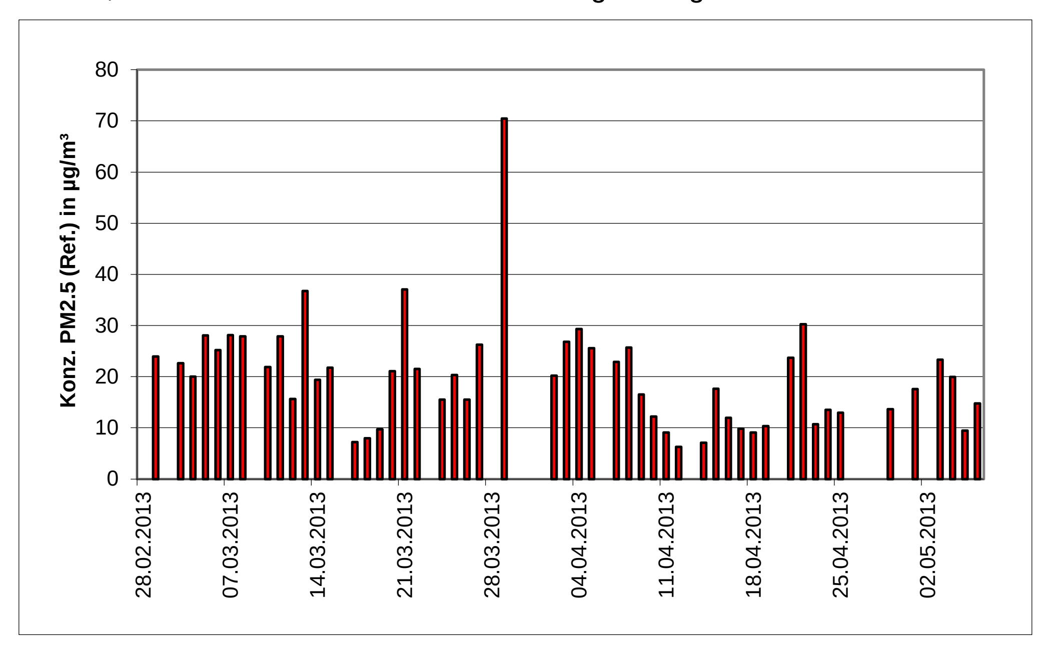


Abbildung 11: Verlauf der $PM_{2,5}$-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bonn, Straßenkreuzung, Winter“

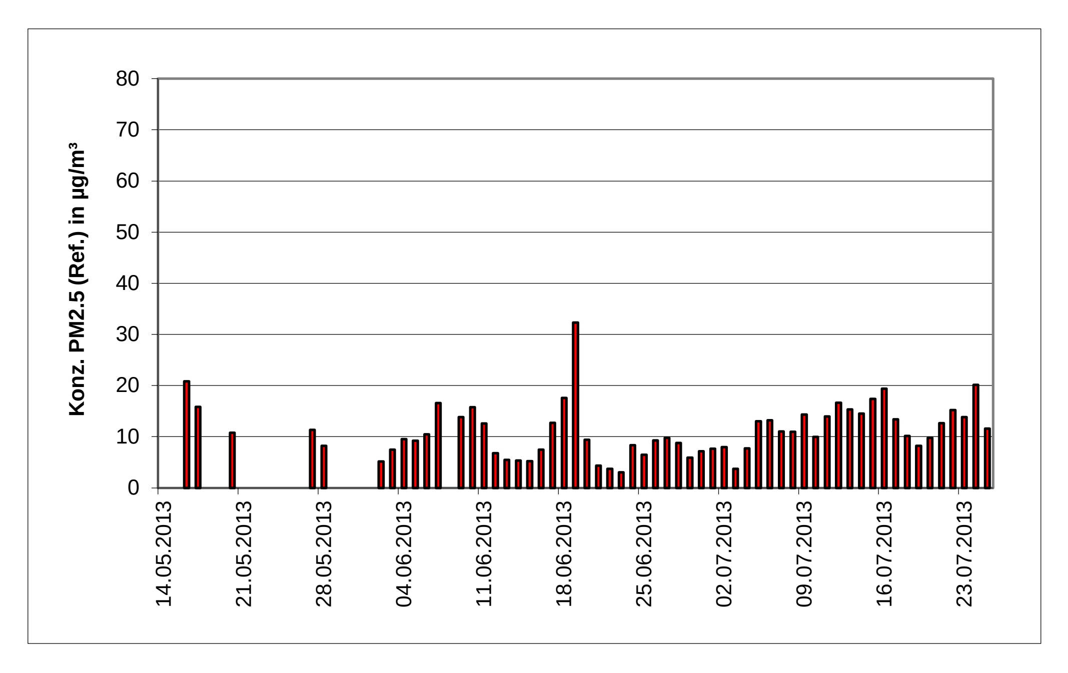


Abbildung 12: Verlauf der $PM_{2,5}$-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Bornheim, Autobahnparkplatz, Sommer“

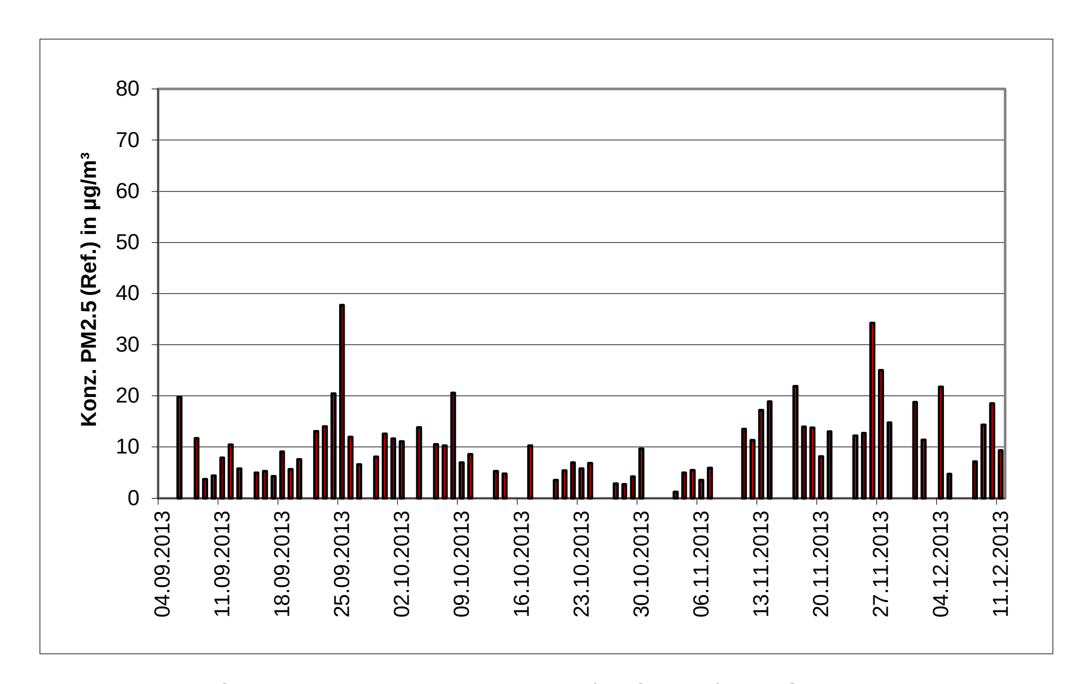


Abbildung 13: Verlauf der $PM_{2,5}$-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, Herbst“

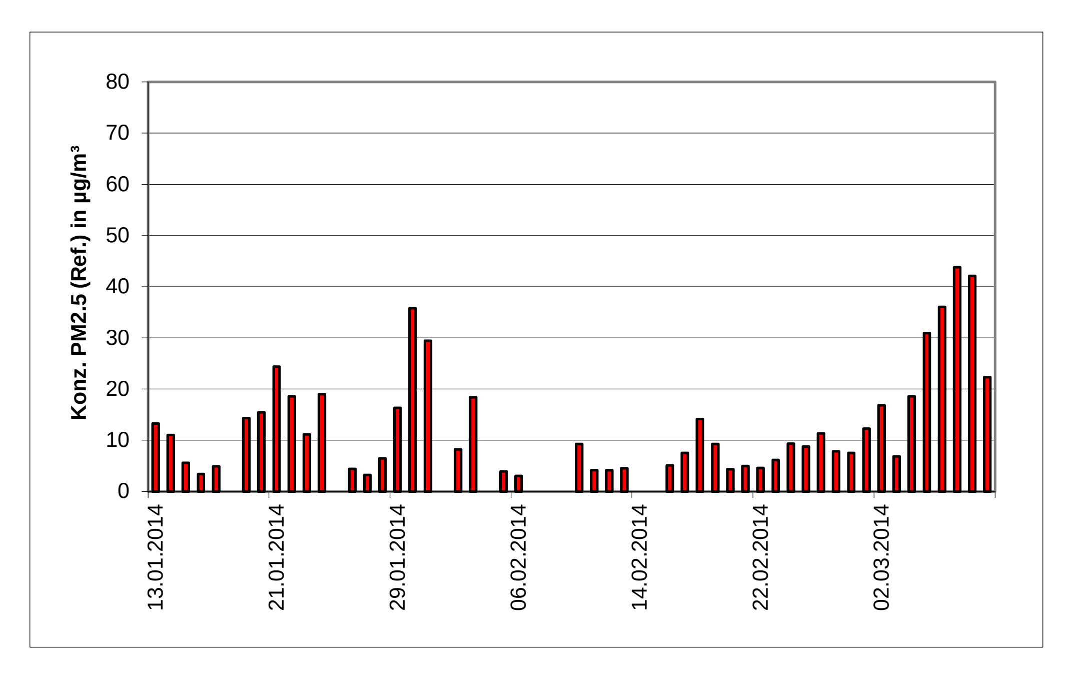


Abbildung 14: Verlauf der $PM_{2,5}$-Konzentrationen (Referenz) am Standort „Köln, Parkplatzgelände, Winter“

Die folgenden Abbildungen zeigen den Messcontainer an den Feldteststandorten, Bonn (Straßenkreuzung), Bornheim (Autobahnparkplatz) und Köln (Parkplatzgelände).



Abbildung 15: Feldteststandort Bonn, Straßenkreuzung



Abbildung 16: Feldteststandort Bornheim, Autobahnparkplatz





Abbildung 17: Feldteststandort Köln, Parkplatzgelände

Neben den Messgeräten zur Bestimmung der Schwebstaubimmissionen war eine Erfassungsanlage für meteorologische Kenndaten am Container/Messort angebracht. Es erfolgte eine kontinuierliche Erfassung von Lufttemperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Windrichtung sowie Niederschlagsmenge. Es wurden 30-min-Mittelwerte gespeichert.

Der Aufbau des Containers selbst sowie die Anordnung der Probenahmesonden wurden durch die folgenden Abmessungen charakterisiert:

- Höhe Containerdach: 2,50 m
- Höhe der Probenahme für Test-/ 0,50 m / 0,51 m über Containerdach
- Referenzgerät 3,00 / 3,01 m über Grund
- Höhe der Windfahne: 4,5 m über Grund

Die nachfolgende Tabelle 5 enthält daher neben einem Überblick über die wichtigsten meteorologischen Kenngrößen, die während der Messungen an den 4 Feldteststandorten ermittelt wurden, auch einen Überblick über die Schwebstaubverhältnisse während des Prüfzeitraumes. Alle Einzelwerte sind in den Anlagen 5 und 6 zu finden.

Tabelle 5: Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten, als Tagesmittelwerte

	Bonn, Straßenkreuzung Winter	Bornheim, Autobahnparkplatz, Sommer	Köln, Parkplatzgelände Herbst	Köln, Parkplatzgelände Winter
Anzahl Wertepaare Referenz	51	58	68	47
Anteil $PM_{2,5}$ an PM_{10} [%]				
Bereich	42,2 – 96,5	39,1 – 84,6	28,6 – 90,7	32,0 – 90,9
Mittelwert	70,5	60,5	61,7	68,8
Lufttemperatur [°C]				
Bereich	-3,4 – 20,0	6,4 – 27,6	1,1 – 25,5	2,5 – 13,1
Mittelwert	8,0	17,7	10,9	6,5
Luftdruck [hPa]				
Bereich	985 – 1018	989 – 1020	986 – 1027	984 – 1022
Mittelwert	1004	1008	1008	1000
Rel. Luftfeuchte [%]				
Bereich	42,8 – 85,8	52,2 – 89,1	56,3 – 89,8	46,8 – 87,2
Mittelwert	63,0	69,2	79,5	74,4
Windgeschwindigkeit [m/s]				
Bereich	0,4 – 4,2	0,2 – 4,7	0,0 – 2,5	0,0 – 3,0
Mittelwert	1,6	1,4	0,4	0,7
Niederschlagsmenge [mm/d]				
Bereich	0,0 – 13,2	0,0 – 34,6	0,0 – 35,8	0,0 – 18,9
Mittelwert	0,9	3,3	3,4	1,7



Dauer der Probenahmen

DIN EN 14907 legt die Probenahmedauer auf 24 h ± 1 h fest.

Im Feldtest wurde immer eine Probenahmezeit von 24 h für alle Geräte eingestellt (von 10:00 – 10:00 (Köln) und von 7:00 – 7:00 (Bonn und Bornheim)).

Handhabung der Daten

Die ermittelten Messwertpaare der Referenzwerte aus den Felduntersuchungen wurden vor den jeweiligen Auswertungen für jeden Standort einem statistischen Ausreißertest nach Grubbs (99 %) unterzogen, um Auswirkungen von offensichtlich unplausiblen Daten auf das Messergebnis vorzubeugen. Als signifikante Ausreißer erkannte Messwertpaare dürfen dabei solange aus dem Wertepool entfernt werden, bis der kritische Wert der Prüfgröße unterschritten wurde. Die Version des Leitfadens [4] vom Januar 2010 verlangt, dass nur 2,5 % der Datenpaare als Ausreißer ermittelt und entfernt werden dürfen.

Für die Prüflinge werden prinzipiell keine Messwerte verworfen, es sei denn, es liegen begründbare technische Ursachen für unplausible Werte vor. Es wurden in der gesamten Prüfung keine Messwerte der Prüflinge verworfen.

Die statistischen Ausreißertests nach Grubbs (99 %) ergaben für keinen Standort als signifikante Ausreißer erkannte Messwertpaare. Somit wurden auch für die Referenzmessung für $PM_{2,5}$ keine Messwertpaare verworfen.

Filterhandling - Massenbestimmung

Folgende Filter wurden in der Eignungsprüfung verwendet:

Tabelle 6: Eingesetzte Filtermaterialien

Messgerät	Filtermaterial, Typ	Hersteller
Referenzgeräte LVS3	Emfab™, ∅ 47 mm	Pall

Die Behandlung der Filter entspricht den Anforderungen der DIN EN 14907.

Die Verfahren zur Behandlung der Filter und zur Wägung sind im Detail im Anhang 2 zu diesem Bericht beschrieben.



5. Referenzmessverfahren

Im Rahmen des Feldtestes wurden gemäß der DIN EN 14907 folgende Geräte eingesetzt:

1. als Referenzgerät $PM_{2,5}$: Kleinfiltergerät Low Volume Sampler LVS3
Hersteller: Ingenieurbüro Sven Leckel, Leberstraße 63, Berlin, Deutschland
Herstelldatum: 2007 und 2010
$PM_{2,5}$-Probenahmekopf

Während der Prüfung wurden parallel jeweils zwei Referenzgeräte für $PM_{2,5}$ mit einem geregelten Durchsatz von 2,3 m³/h betrieben. Die Volumenstromregelgenauigkeit beträgt unter realen Einsatzbedingungen < 1 % des Nennvolumenstroms.

Die Probenahmeluft beim Kleinfiltergerät LVS3 wird von der Drehschieber-Vakuumpumpe über den Probenahmekopf gesaugt, der Probeluft-Volumenstrom wird hierbei zwischen Filter und Vakuumpumpe mit einer Messblende gemessen. Die angesaugte Luft strömt von der Pumpe aus über einen Abscheider für den Abrieb der Drehschieber zum Luftauslass.

Nach beendeter Probenahme zeigt die Messelektronik das angesaugte Probeluftvolumen in Norm- oder Betriebs-m³ an.

Die $PM_{2,5}$ Konzentration wurde ermittelt, in dem die im Labor gravimetrisch bestimmte Schwebstaubmenge auf dem jeweiligen Filter durch das zugehörige durchgesetzte Probeluftvolumen in Betriebs-m³ dividiert wurde.

6. Prüfergebnisse

6.1 4.1.1 Messwertanzeige

Die Messeinrichtung muss eine Messwertanzeige besitzen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Messeinrichtung eine Messwertanzeige besitzt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige. Es wird der jeweilige Konzentrationsmesswert aus dem letzten Zyklus angezeigt. Es können zudem leicht im Datenanzeige-Modus die gespeicherten Messwerte in Tabellenform oder als Balkendiagramm angezeigt werden

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung besitzt eine Messwertanzeige.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 18 zeigt die Benutzeranzeige mit dem aktuellen Konzentrationsmesswert aus dem jeweilig letzten Zyklus. Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die Darstellung der gespeicherten Messwerte in tabellarischer und in grafischer Form.



Abbildung 18: Messanzeige Konzentrationsmesswerte



Abbildung 19: Datenanzeige – Messwerte tabellarisch



Abbildung 20: Datenanzeige - Messwerte als Balkendiagramm

6.1 4.1.2 Wartungsfreundlichkeit

Die notwendigen Wartungsarbeiten an der Messeinrichtung sollten ohne größeren Aufwand möglichst von außen durchführbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zusätzliche Geräte werden nicht benötigt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die notwendigen regelmäßigen Wartungsarbeiten wurden nach den Anweisungen der Betriebsanleitung ausgeführt.

6.4 Auswertung

Folgende Wartungsarbeiten sind vom Benutzer durchzuführen:

1. Überprüfung des Gerätestatus
   Der Gerätestatus kann durch Kontrolle der Messeinrichtung selbst oder auch on-line via RS232-Schnittstelle über Gesytec-Protokoll überwacht und kontrolliert werden.
2. Der Probenahmekopf muss prinzipiell nach den Anweisungen des Herstellers gesäubert werden, wobei die örtlichen Schwebstaubkonzentrationen in Betracht zu ziehen sind (in der Eignungsprüfung alle 4 Wochen).
3. Kontrolle des Filterbandvorrates –
   Ein Filterband mit 45 m Länge reicht bei einer Zykluszeit von 1 h und einer Belegzahl von 24 (Einstellung in Eignungsprüfung) dabei theoretisch für 30.000 Messzyklen entsprechend 1250 Tagen aus. Da je nach Schwebstaubkonzentrationslevel in der Praxis auf Grund einer möglichen Überschreitung der maximal pro Filterfleck zulässigen Masse von 400 µg ein neuer Filterfleck früher als bis zum Erreichen einer 24fachen Belegung angefahren werden muss, reduziert sich die Zeit, in der die Filterbandrolle verbraucht wird entsprechend.
   Bei einer Zykluszeit von 1 h und einer minimalen Belegzeit von 1 (d.h. für jeden Zyklus wird ein neuer Filterfleck verwendet) ergeben sich 1.250 Messzyklen entsprechend 52 Tagen. Es empfiehlt sich daher, den Vorrat des Filterbandes bei jedem Besuch der Messeinrichtung zur regelmäßigen Wartung zu überprüfen (z.B. im Rahmen der Säuberung des Probenahmekopfes).
4. Gemäß Hersteller soll die Pumpe nach einem Jahr Laufzeit ca. alle 6 Wochen gewartet werden, d.h. es sind die Filter auszublasen und die Lamellenhöhe zu kontrollieren und ggf. die Lamellen zu wechseln
5. Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
6. Eine Überprüfung der Durchflussrate sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
7. Eine Überprüfung der Dichtigkeit sollte im Rahmen der Überprüfung der Durchflussrate ebenfalls alle 3 Monate erfolgen.
8. Der Filterhalter, die Transportrolle und die Andruckrollen sind alle 6 Monate zu säubern.
9. Die Abluftfilter und die Schlauchverbindungen sind alle 6 Monate zu prüfen und ggf. auszublasen.
10. Der Pumpenfilter und die Dichtung soll einmal jährlich getauscht werden.

11. Einmal im Jahr ist der Meteorologiesensor zur Rekalibrierung an den Gerätehersteller einzuschicken. Darüber hinaus wird eine Überprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der Referenzfolie einmal im Jahr empfohlen.
12. Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahmerohres zu achten.

Zur Durchführung der Wartungsarbeiten sind die Anweisungen im Handbuch (Kapitel 5.3 und 10) zu beachten. Alle Arbeiten lassen sich grundsätzlich mit üblichen Werkzeugen durchführen.

6.5 Bewertung

Wartungsarbeiten sind mit üblichen Werkzeugen und vertretbarem Aufwand von außen durchführbar. Der Tausch des Filterbandes, die Wartungsarbeiten an der Pumpe sowie die Arbeiten gemäß den Punkten 7ff sind nur bei einem Stillstand des Gerätes durchzuführen. Diese Arbeiten fallen alle 6 Wochen (Pumpe), alle 6 Monate (Reinigungsarbeiten) bzw. in Abhängigkeit von der eingestellten Zykluszeit und Belegzahl (Filterbandwechsel) an. In der restlichen Zeit kann sich die Wartung im Wesentlichen auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränken.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Arbeiten an den Geräten wurden während der Prüfung auf Basis der in den Handbüchern beschriebenen Arbeiten und Arbeitsabläufe durchgeführt. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Vorgehensweise konnten keine Schwierigkeiten beobachtet werden. Alle Wartungsarbeiten ließen sich bisher problemlos mit herkömmlichen Werkzeugen durchführen.



6.1 4.1.3 Funktionskontrolle

Soweit zum Betrieb oder zur Funktionskontrolle der Messeinrichtung spezielle Einrichtungen erforderlich sind, sind diese als zum Gerät gehörig zu betrachten und bei den entsprechenden Teilprüfungen einzusetzen und mit in die Bewertung aufzunehmen.
Zur Messeinrichtung gehörende Prüfgaserzeugungssysteme müssen der Messeinrichtung ihre Betriebsbereitschaft über ein Statussignal anzeigen und über die Messeinrichtung direkt sowie auch telemetrisch angesteuert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bedienungshandbuch, Nullfilter, Referenzfolie

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Gerätestatus der Messeinrichtung wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Fehlermeldungen angezeigt. Für die korrekte Performance wichtige Kenngrößen (z.B. Durchfluss) können zudem entweder am Gerät selbst eingesehen werden und/oder bei der Datenaufzeichnung kontinuierlich mitgeloggt werden.

Die Messeinrichtung bietet zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit die Möglichkeit einer internen Überprüfung von Null- und Referenzpunkt. Auf beide Prüfungen kann über das Wartungsmenü direkt zugegriffen werden. Eine telemetrische Ansteuerung ist ebenfalls möglich.

Bei der internen Überprüfung des Nullpunktes („Nullmessung“) wird die Funktion der Quelle und des Geiger-Müller-Rohres überprüft. Es wird ohne Filtertransport eine 0- und eine M-Rate gemessen und die entsprechend ermittelte Masse ermittelt. Das Ergebnis soll als Absolutbetrag einen Messwert von ≤ 10 µg nicht überschreiten.

Bei der internen Überprüfung des Referenzpunktes („Referenzmessung“) wird ebenfalls ohne Filtertransport eine 0-Rate und eine M-Rate gemessen. Dabei wird die M-Rate um ein Sechstel schwächer bewertet, was einer Masse von 444 µg (wenn Offset-Parameter im Gerät = 0 und Span-Parameter = 1 gesetzt ist) entspricht. Dieser Messwert sollte mit einer Toleranz von ± 20 µg erreicht werden. Weichen die Offset- und Span-Parameter von 0 bzw. 1 ab, so ist dies entsprechend zu berücksichtigen.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, den Nullpunkt der Messeinrichtung extern zu überprüfen. Hierzu wird ein Nullfilter am Geräteinlass montiert. Der Einsatz dieses Filters ermöglicht die Bereitstellung von schwebstaubfreier Luft.

Im Rahmen der Prüfung wurde ca. alle 4 Wochen eine Bestimmung des Nullpunktes mit Hilfe des Nullfilters durchgeführt.

Zur externen Überprüfung der radiometrischen Messung stellt der Gerätehersteller eine Referenzfolie zur Verfügung. Mit Hilfe der Referenzfolie können nur Massen bestimmt werden.

Im Rahmen der Prüfung wurde während der gesamten Feldtestdauer regelmäßig eine externe Überprüfung der Stabilität mittels Referenzfolie durchgeführt.

6.4 Auswertung

Alle im Bedienungshandbuch aufgeführten Gerätefunktionen sind vorhanden oder aktivierbar. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Fehlermeldungen angezeigt.

Die Messeinrichtung bietet zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit die Möglichkeit einer internen Überprüfung von Null- und Referenzpunkt. Diese können direkt am Gerät oder telemetrisch angesteuert werden.

Die internen Überprüfungen von Null und Referenzpunkt wurden am 15.03.2014 nochmal explizit mit folgenden Ergebnissen geprüft:

Tabelle 7: Ergebnisse der internen Überprüfungen von Null und Referenzpunkt

15.03.2014	SN 1512361		SN 1512401	
	Soll	Ist	Soll	Ist
Nullmessung	≤ 10 µg	1 µg	≤ 10 µg	4 µg
Referenzmessung	444 µg ± 20 µg	446 µg	444 µg ± 20 µg	444 µg

Für beide Geräte lagen die ermittelten Abweichungen innerhalb der vom Gerätehersteller angegebenen zulässigen Grenzen.

Eine externe Überprüfung des Nullpunktes ist mit Hilfe des Nullfilters jederzeit möglich. Eine externe Überprüfung der radiometrischen Messung ist mit Hilfe der Referenzfolie ebenfalls jederzeit möglich.

6.5 Bewertung

Alle im Bedienungshandbuch beschriebenen Gerätefunktionen sind vorhanden, aktivierbar und funktionieren. Der aktuelle Gerätestatus wird kontinuierlich überwacht und Probleme über eine Reihe von verschiedenen Fehlermeldungen angezeigt. Die Messeinrichtung bietet zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit die Möglichkeit einer internen Überprüfung von Null- und Referenzpunkt. Diese können direkt am Gerät oder telemetrisch angesteuert werden.

Die Ergebnisse der externen Nullpunktüberprüfungen mit Nullfilter über die Dauer der Felduntersuchungen sowie der periodisch durchgeführten Überprüfungen der Stabilität der radiometrischen Messung sind im Kapitel 6.1 5.3.12 Langzeitdrift in diesem Bericht dargestellt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe unter dem Punkt: 6.1 5.3.12 Langzeitdrift



6.1 4.1.4 Rüst- und Einlaufzeiten

Die Rüst- und Einlaufzeiten der Messeinrichtung sind in der Betriebsanleitung anzugeben.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung dieser Mindestanforderung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messinstrumente wurden nach den Beschreibungen des Geräteherstellers in Betrieb genommen. Die erforderlichen Zeiten für Rüst- und Einlaufzeit wurden getrennt erfasst.

Erforderliche bauliche Maßnahmen im Vorfeld der Installation, wie z. B. die Einrichtung eines Durchbruchs im Containerdach, wurden hier nicht bewertet.

6.4 Auswertung

Die Rüstzeit umfasst den Zeitbedarf für den Aufbau der Messeinrichtung bis zur Inbetriebnahme.

Das Messsystem muss witterungsunabhängig installiert werden, z. B. in einem klimatisierten Messcontainer. Zudem erfordert die Durchführung des aktiv belüfteten Probenahmesystems durch das Dach umfangreichere bauliche Maßnahmen am Messort. Ein ortsveränderlicher Einsatz wird daher nur zusammen mit der zugehörigen Peripherie angenommen.

Folgende Schritte zum Aufbau der Messeinrichtung sind grundsätzlich erforderlich:

- Entpacken und Aufstellung der Messeinrichtung (in Rack oder auf Tisch)
- Installation des doppelwandigen, aktiv belüfteten Probenahmesystems und des $PM_{2,5}$-Probenahmekopf
- Montage des Meteorologiesensors (in die Nähe des Probenahmekopfes)
- Anschluss aller Verbindungs-, Steuerungsleitungen
- Anschluss der Energieversorgung
- optional Anschluss von peripheren Erfassungs- und Steuerungssystemen (Datalogger, PC) an die entsprechenden Schnittstellen
- Einschalten der Messeinrichtung
- Filterband einlegen

Die Durchführung dieser Arbeiten und damit die Rüstzeit beträgt ca. 1 Stunde.

Die Einlaufzeit umfasst den Zeitbedarf von der Inbetriebnahme der Messeinrichtung bis zur Messbereitschaft.

Nach dem Einschalten des Systems befindet sich die Messeinrichtung bis zum Erreichen der parametrierten Startzeit für den nächsten Messzyklus grundsätzlich in Warteposition.

Es sind folgende Schritte zur erstmaligen Inbetriebnahme vorzunehmen:

- Überprüfung der Geräteeinstellung bzgl. Zykluszeit, Belegzahl, Modus Start, Modus Temperatur, Modus Synch h:00 sowie Datum und Zeit
- Überprüfung / ggfs. Justierung des Meteorologiesensors und der Messung für den Umgebungsluftdruck
- Durchführung einer Dichtigkeitsprüfung
- Überprüfung / ggfs. Justierung der Durchflussrate
- Ggfs. externe Überprüfung der radiometrischen Massenbestimmung mit Referenzfolie

Zeitbedarf: ca. 1 Stunde

Im Falle einer Wiederinbetriebnahme nach kürzerer Stillstandsphase z.B. nach Stromausfall, können die genannten Schritte bis auf die Überprüfung der Geräteparametrierung, die Plausibilitätsüberprüfung der Sensorwerte sowie die Überprüfung von etwaigen Status-/Fehlermeldungen unterbleiben.

Falls erforderlich, können etwaige Änderungen der Grundparametrierungen der Messeinrichtungen ebenfalls in wenigen Minuten durch mit den Geräten vertrautes Personal durchgeführt werden.

6.5 Bewertung

Die Rüst- und Einlaufzeiten wurden ermittelt.

Die Messeinrichtung kann bei überschaubarem Aufwand an unterschiedlichen Messstellen betrieben werden. Die Rüstzeit beträgt ca. 1 Stunde. Die Einlaufzeit beträgt ca. 1 h bei erstmaliger Inbetriebnahme bzw. die Wartezeit bis zum Beginn des nächsten Messzyklus bei Wiederinbetriebnahme nach kurzzeitigen Stillstandsphasen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 4.1.5 Bauart

Die Betriebsanleitung muss Angaben des Herstellers zur Bauart der Messeinrichtung enthalten. Im Wesentlichen sind dies:
Bauform (z. B. Tischgerät, Einbaugerät, freie Aufstellung)
Einbaulage (z. B. horizontaler oder vertikaler Einbau)
Sicherheitsanforderungen
Abmessungen
Gewicht
Energiebedarf.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wird eine Messeinrichtung zur Erfassung des Energieverbrauchs und eine Waage eingesetzt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Aufbau der übergebenen Geräte wurde mit der Beschreibung in den Handbüchern verglichen. Der angegebene Energieverbrauch wird über 24 h im Normalbetrieb während des Feldtests bestimmt.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung muss in horizontaler Einbaulage (z.B. auf einem Tisch oder in einem Rack) witterungsunabhängig installiert werden. Die Temperatur am Aufstellungsort muss im Bereich von 5 °C bis 40 °C liegen. Direkte Sonneneinstrahlung bzw. eine unmittelbare Exposition zu Heizung oder Klimaanlage sind zu vermeiden.

Die Abmessungen und Gewichte der Messeinrichtung stimmen mit den Angaben aus dem Bedienungshandbuch überein.

Der Energiebedarf der Messeinrichtung mit der eingesetzten Pumpe wird vom Hersteller mit maximal ca. 400 W angegeben. In einem 24stündigen Test wurde der Gesamtenergiebedarf der Messeinrichtung ermittelt. Zu keinem Zeitpunkt wurde bei dieser Untersuchung der angegebene Wert überschritten.

6.5 Bewertung

Die in der Betriebsanleitung aufgeführten Angaben zur Bauart sind vollständig und korrekt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.6 Unbefugtes Verstellen

Die Justierung der Messeinrichtung muss gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen gesichert werden können.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bedienung der Messeinrichtung erfolgt auf der Frontseite der Messeinrichtung über ein Touchscreen-Display.

Eine Veränderung von Parametern oder die Justierung von Sensoren ist nur über mehrere Tastenfolgen möglich.

Die Messeinrichtung verfügt zudem über einen Passwortschutz. Es stehen drei verschiedene Passwörter zur Verfügung:

Passwort1: für die Änderung von Parametern (→Parametriermodus)

Passwort2: für die Durchführung von Serviceaktionen

Passwort3: Systempasswort

Ohne Kenntnis des Passwort1 können Geräteparameter eingesehen werden, aber nicht verändert werden.

Da eine Aufstellung des Messgerätes im Freien nicht möglich ist, erfolgt ein zusätzlicher Schutz durch die Aufstellung an Orten, zu denen Unbefugte keinen Zutritt haben (z. B. verschlossener Messcontainer).

6.4 Auswertung

Unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern kann durch den Passwortschutz verhindert werden. Ferner ergibt sich ein zusätzlicher Schutz vor unbefugtem Eingriff durch die Installation in einem verschlossenen Messcontainer.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtung ist gegen unbeabsichtigtes und unbefugtes Verstellen von Geräteparametern gesichert. Die Messeinrichtung ist darüber hinaus in einem Messcontainer zu verschließen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 4.1.7 Messsignalausgang

Die Messsignale müssen digital (z. B. RS 232) und/oder analog (z. B. 4 mA bis 20 mA) angeboten werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Datenlogger Yokogawa (für Analogsignal), PC mit Software „Hyper-Terminal“

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte unter Verwendung eines Datenloggers vom Typ Yokogawa (Analogausgang, nur exemplarischer Test im Labor) und einem PC mit Software „HyperTermnial“ (via RS232-Schnittstelle).

Während der Eignungsprüfung wurde die Messeinrichtung über RS232 an einen PC angeschlossen und die Daten auf einen PC downgeloaded.

Die Messeinrichtung verfügt darüber hinaus über die Möglichkeit der Ausgabe von Analogsignalen – die Funktionsfähigkeit wurde exemplarisch im Labortest geprüft.

6.4 Auswertung

Die Messsignale werden auf der Geräterückseite folgendermaßen angeboten:

Analog:	4-20 mA	Konzentrationsbereich wählbar
Digital:	RS 232-Schnittstelle	

6.5 Bewertung

Die Messsignale werden analog (in mA) und digital (über RS 232) angeboten.

Der Anschluss von zusätzlichen Mess- und Peripheriegeräten ist über entsprechende Anschlüsse an den Geräten möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Abbildung 21 zeigt eine Ansicht der Geräterückseite mit den jeweiligen Messwertausgängen (Datenausgänge).

Meteorologie-Sensor
Temperaturfühler-Eingang
Spannungsversorgung für Rohrbegleitheizung
Netzeinspeisung
Datenausgänge
Gerätelüfter
24 VDC für externen Lüfter
Messluftauslass

Abbildung 21: Ansicht Geräterückseite F-701-20

6.1 5.1 Allgemeines

Herstellerangaben der Betriebsanleitung dürfen den Ergebnissen der Eignungsprüfung nicht widersprechen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Ergebnisse der Prüfungen werden mit den Angaben im Handbuch verglichen.

6.4 Auswertung

Die gefundenen Abweichungen zwischen dem ersten Handbuchsentwurf und der tatsächlichen Geräteausführung wurden behoben.

6.5 Bewertung

Differenzen zwischen Geräteausstattung und Handbüchern wurden nicht beobachtet.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Punkt 6.4 zu diesem Modul.

6.1 5.2.1 Zertifizierungsbereiche

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der für die Prüfung vorgesehene Zertifizierungsbereich ist zu ermitteln.

6.4 Auswertung

Die Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 enthält folgende Mindestanforderungen für die Zertifizierungsbereiche von Schwebstaubimmissionsmesseinrichtungen:

Tabelle 8: Zertifizierungsbereiche

Messkomponente	Untere Grenze ZB	Obere Grenze ZB	Grenzwert	Beurteilungszeitraum
	in µg/m³	in µg/m³	in µg/m³	
$PM_{2,5}$	0	50	25	Kalenderjahr

Die Zertifizierungsbereiche orientieren sich am Grenzwert für den kleinsten Beurteilungszeitraum und diesen zur Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich dieses Grenzwerts. Diese Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich des Grenzwertes erfolgt im Rahmen der Bestimmung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge gemäß Leitfaden [4]. Hierzu werden als Bezugswerte gemäß Leitfaden die folgenden Werte herangezogen:

$PM_{2,5}$: 30 µg/m³

Es wird auf den Prüfpunkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge im Bericht verwiesen.

6.5 Bewertung

Die Beurteilung der Messeinrichtung im Bereich der relevanten Grenzwerte ist möglich.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe unter dem Prüfpunkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge im Bericht.

6.1 5.2.2 Messbereich

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung muss größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob der Messbereichsendwert der Messeinrichtung größer oder gleich der oberen Grenze des Zertifizierungsbereiches ist.

6.4 Auswertung

An der Messeinrichtung ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt.

Als zweckmäßige Standardeinstellung des Analogausgangs für europäische Verhältnisse wird ein Messbereich 0 – 200 oder 0 - 1.000 µg/m³ empfohlen.

(empfohlener) Messbereich: 0 – 200 oder 0 - 1.000 µg/m³

Obere Grenze des Zertifizierungsbereichs: $PM_{2,5}$: 50 µg/m³

6.5 Bewertung

Es ist standardmäßig ein Messbereich von 0 – 1.000 µg/m³ eingestellt. Andere Messbereiche sind möglich.

Der Messbereichsendwert der Messeinrichtung ist größer als die jeweilige obere Grenze des Zertifizierungsbereichs.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.2.3 Negative Messsignale

Negative Messsignale oder Messwerte dürfen nicht unterdrückt werden (lebender Nullpunkt).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Zur Prüfung dieser Mindestanforderung sind keine weiteren Hilfsmittel erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde im Labor- wie auch Feldtest geprüft, ob die Messeinrichtung auch negative Messwerte ausgeben kann.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung kann sowohl über Display wie auch über die Datenausgänge negative Werte ausgeben.

6.5 Bewertung

Negative Messsignale werden von der Messeinrichtung direkt angezeigt und über die entsprechenden Messsignalausgänge korrekt ausgegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.



6.1 5.2.4 Stromausfall

Bei Gerätestörungen und bei Stromausfall von bis zu 72 h muss ein unkontrolliertes Ausströmen von Betriebs- und Kalibriergas unterbunden sein. Die Geräteparameter sind durch eine Pufferung gegen Verlust durch Netzausfall zu schützen. Bei Spannungswiederkehr muss das Gerät automatisch wieder den messbereiten Zustand erreichen und gemäß der Betriebsvorgabe die Messung beginnen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde ein Stromausfall simuliert und geprüft, ob das Gerät unbeschädigt bleibt und nach Wiedereinschalten der Stromversorgung wieder messbereit ist.

6.4 Auswertung

Da die Messgeräte zum Betrieb weder Betriebs- noch Kalibriergase benötigen, ist ein unkontrolliertes Ausströmen von Gasen nicht möglich.

Im Falle eines Netzausfalles startet die Messeinrichtung mit Erreichen des Startzeitpunkts für den nächsten Messzyklus (in der Eignungsprüfung nach Erreichen der nächsten vollen Stunde) selbstständig wieder den Messbetrieb.

6.5 Bewertung

Alle Geräteparameter sind gegen Verlust durch Pufferung geschützt. Die Messeinrichtung befindet sich bei Spannungswiederkehr in störungsfreier Betriebsbereitschaft und führt selbstständig mit Erreichen des Startzeitpunkts für den nächsten Messzyklus (in der Eignungsprüfung nach Erreichen der nächsten vollen Stunde) den Messbetrieb fort.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.

6.1 5.2.5 Gerätefunktionen

Die wesentlichen Gerätefunktionen müssen durch telemetrisch übermittelbare Statussignale zu überwachen sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

PC zur Datenerfassung.

6.3 Durchführung der Prüfung

An die Messeinrichtung wurde lokal über RS232 ein PC angeschlossen und der Datentransfer inkl. Gerätestatus geprüft.

Über entsprechende Router oder Modems ist eine Fernüberwachung- und -steuerung leicht möglich.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung ermöglicht eine telemetrische Kontrolle der Messeinrichtung über RS232-Schnittstelle.

6.5 Bewertung

Die Messeinrichtungen können über ein Modem bzw. einen Router von einem externen Rechner aus überwacht werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 9: Betriebsstati F-701-20

Betriebsstatus (Feld-Nr. 6)	Bedeutung
Bit 0	1 - Standby, 0 - Messung, Nullpunkt-, Referenz- oder Folienmessung
Bit 1	Folienmessung
Bit 2	Nullpunkt
Bit 3	Referenzmessung (Referenzcheck)
Bit 4	
Bit 5	
Bit 6	
Bit 7	Messbetrieb

Tabelle 10: Fehlerstati F-701-20

Fehlerstatus (Feld-Nr. 7)	Beschreibung
Bit 0	Volumenfehler
Bit 1	Vakuumabbruch
Bit 2	Volumen < 500 Liter bzw. 250 Liter,bei ½ Stunde Absaugzeit
Bit 3	
Bit 4	
Bit 5	Batterie austauschen
Bit 6	Filterriss
Bit 7	

6.1 5.2.6 Umschaltung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle und/oder Kalibrierung muss telemetrisch durch rechnerseitige Steuerung und manuell auslösbar sein.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Messeinrichtung kann durch den Bediener am Gerät oder aber durch die telemetrische Fernbedienung überwacht sowie teilweise gesteuert werden.

Einige Funktionen wie z.B. die Durchführung eines externen Referenzfolientests zur Überprüfung der radiometrischen Messung können allerdings nur am Gerät direkt durchgeführt werden.

6.4 Auswertung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle (hier: interne Nullpunkt- und Referenzmessung) ist telemetrisch und manuell auslösbar.

Einige Funktionen wie z.B. die Durchführung eines externen Referenzfolientests zur Überprüfung der radiometrischen Messung können allerdings nur am Gerät direkt durchgeführt werden.

6.5 Bewertung

Die Umschaltung zwischen Messung und Funktionskontrolle (hier: interne Nullpunkt- und Referenzmessung) ist telemetrisch und manuell auslösbar.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 5.2.7 Wartungsintervall

Das Wartungsintervall der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und anzugeben. Das Wartungsintervall sollte möglichst drei Monate, muss jedoch mindestens zwei Wochen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Bei dieser Mindestanforderung wurde untersucht, welche Wartungsarbeiten in welchen Zeitabständen für eine einwandfreie Funktionsfähigkeit der Messeinrichtung erforderlich sind. Weiterhin wurden die Ergebnisse der Driftbestimmung für Null- und Referenzpunkt gemäß 6.1 5.3.12 Langzeitdrift zur Ermittlung des Wartungsintervalls berücksichtigt.

6.4 Auswertung

Es konnten für die Messeinrichtungen über den gesamten Feldtestzeitraum keine unzulässigen Driften festgestellt werden. Das Wartungsintervall wird daher durch die anfallenden Wartungsarbeiten bestimmt (siehe hierzu auch Modul 4.1.2).

Innerhalb der Betriebszeit kann die Wartung auf die Kontrolle von Verschmutzungen, Plausibilitätschecks und etwaigen Status-/Fehlermeldungen beschränkt werden.

6.5 Bewertung

Das Wartungsintervall wird durch die notwendigen Wartungsarbeiten bestimmt und beträgt 4 Wochen.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die notwendigen Wartungsarbeiten können dem Modul 4.1.2 dieses Berichtes und dem Kapitel 5.3 bzw. 10 des Bedienhandbuchs entnommen werden.

6.1 5.2.8 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Messeinrichtung ist in der Feldprüfung zu ermitteln und muss mindestens 95 % betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Start- und Endzeitpunkt der Verfügbarkeitsuntersuchungen werden durch den Start- bzw. Endzeitpunkt an jedem der vier Feldteststandorte bestimmt. Dazu werden alle Unterbrechungen der Prüfung, z. B. durch Störungen oder Wartungsarbeiten erfasst.

6.4 Auswertung

Tabelle 11 und Tabelle 12 zeigen eine Aufstellung der Betriebs-, Wartungs- und Störungszeiten. Die Messeinrichtungen wurden im Feldtest über einen Zeitraum von insgesamt 296 Messtagen betrieben (siehe Anhang 5). Dieser Zeitraum beinhaltet insgesamt 22 Tage mit Nullfilterbetrieb, Audits sowie Tage, die durch den Wechsel auf Nullfilter verworfen werden mussten (siehe auch Anlage 5).

Bei Gerät SN 1512361 wurde auf Grund der Untersuchungen zur Feststellung der ungewöhnlichen Abweichungen zwischen beiden Prüflingen am 15.10.2013 auch der Messwert des (nicht betroffenen) Gerätes SN 1512361 durch langen Wartungsausfall verworfen.

Ausfälle durch externe Einflüsse, die nicht dem Gerät angelastet werden können, wurden zwischen dem 05.09.2013 und dem 12.09.2013 registriert. Die Messwerte beider Prüflinge mussten für den genannten Zeitraum verworfen werden, da die Durchflussrate vor der Inbetriebnahme durch eine Fehlparametrierung des Referenzdurchflussmessgerätes systematisch falsch justiert wurde. Die Durchflussraten wurden daraufhin am 12.09.2013 nochmals überprüft und korrekt justiert.

Dadurch reduziert sich die Gesamtbetriebszeit auf 288 (SN 1512361) bzw. 288 (SN 1512401) Messtage.

Es wurden folgende Gerätestörungen beobachtet:

SN 1512361:

Für dieses System wurden keine Gerätestörungen beobachtet.

SN 1512401:

Bei SN 1512401 wurde am Standort Köln, Herbst festgestellt, dass die Messwerte z.T. deutlich höher waren als bei SN 1512361 und auch höher als die ersten Referenzwerte vom Standort. Das Gerät wurde daraufhin vom Gerätehersteller am Messort am 15.10.2013 intensiv untersucht und es wurde festgestellt, dass die Abdeckfolie des Geiger-Müller-Zählrohres sehr wellig war und es dadurch zu Abweichungen kommen kann. Die Ursache für diese Störung konnte nicht ermittelt werden. Es wurde daraufhin entschieden, ein neues Geiger-Müller-Zählrohr in das Gerät einzubauen. Es wurden keine Messwerte aus der Vergangenheit verworfen, allerdings konnte am 15.10.2013 keine Messung erfolgen.

Ansonsten wurden keine weiteren Gerätestörungen beobachtet.

Die üblichen Wartungszeiten (ohne Nullfilterbetrieb) z.B. zur Pflege der Probenahmeköpfe oder zur Überprüfung der Durchflussrate / Dichtigkeit führen in der Regel zu Ausfällen von einem Messzyklus (d.h. 1 h pro Tag). Die betroffenen Tagesmittelwerte wurden daher nicht verworfen.

6.5 Bewertung

Die Verfügbarkeit betrug für SN 1512361 100 % und für SN 1512401 99,7 % ohne prüfungsbedingte Ausfälle bzw. 92,0 % für SN 1512361 sowie 92,0 % für SN 1512401 inkl. prüfungsbedingter Ausfälle.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 11: Ermittlung der Verfügbarkeit (ohne prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN 1512361)	Gerät 2 (SN 1512401)
Einsatzzeit	d	288	288
Ausfallzeit (Störung)	d	0	1
Wartungszeit	d	0	0
Tatsächliche Betriebszeit	d	288	287
Verfügbarkeit	%	100	99,7

Tabelle 12: Ermittlung der Verfügbarkeit (inkl. prüfungsbedingte Ausfälle)

		Gerät 1 (SN 1512361)	Gerät 2 (SN 1512401)
Einsatzzeit	d	288	288
Ausfallzeit (Störung)	d	0	1
Wartungszeit inkl. Nullfilterbetrieb	d	23	22
Tatsächliche Betriebszeit	d	265	265
Verfügbarkeit	%	92,0	92,0

6.1 5.2.9 Gerätesoftware

Die Version der zu testenden Gerätesoftware muss beim Einschalten der Messeinrichtung angezeigt werden. Funktionsbeeinflussende Änderungen der Gerätesoftware sind dem Prüfinstitut mitzuteilen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde überprüft, ob die Gerätesoftware am Gerät angezeigt werden kann. Der Gerätehersteller wurde darauf hingewiesen, dass jegliche Änderungen der Gerätesoftware dem Prüfinstitut mitgeteilt werden müssen.

6.4 Auswertung

Die aktuelle Software kann jederzeit im Menü „Menü „Parameter/Service“ unter dem Punkt „SW“ eingesehen werden.

Die Prüfung wurde im Dezember 2012 mit der Softwareversion 3.07 begonnen. Im Rahmen der Softwarepflege wurde die Messeinrichtung zwischenzeitlich zur Version 3.10 weiterentwickelt und optimiert. Der Gerätehersteller DURAG GmbH unterzieht sich an seinem Produktionsstandort in Hamburg seit 2010 der regelmäßigen Überwachung gemäß Richtlinie DIN EN 15267-2. Seit 2013 befindet sich auch die Messeinrichtung F-701-20 im Auditumfang. Die durchgeführten Modifikationen der Software wurden gemäß den Vorgaben der Richtlinie DIN EN 15267-2 beschrieben, bewertet, der Änderungstyp klassifiziert und die Informationen dem Prüfinstitut zur Verfügung gestellt.

Eine Übersicht der durchgeführten Änderungen ist unter Punkt 4.1 Allgemeines dargestellt.

Die durchgeführten Änderungen dienen der Funktionserweiterung, der Fehlerbeseitigung sowie der kosmetischen Produktpflege. Sie haben keinen Einfluss auf die Performance der Messeinrichtung.

Mit Beginn der dritten von insgesamt vier Vergleichsmesskampagnen wurde die Softwareversion von 3.07 auf 3.10 upgedatet und dann über die Vergleichskampagnen Köln, Herbst und Köln, Winter auf den Geräten betrieben.

6.5 Bewertung

Die Version der Gerätesoftware wird im Display angezeigt. Änderungen der Gerätesoftware werden dem Prüfinstitut mitgeteilt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses



Abbildung 22: Anzeige der Softwareversion (hier 3.10) im Menü „Parameter/Service/SW“

6.1 5.3.1 Allgemeines

Die Prüfung erfolgen auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgt auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010).

6.4 Auswertung

Die Richtlinien VDI 4202, Blatt 1 und VDI 4203, Blatt 3 wurden nach umfangreicher Revision mit Stand September 2010 neu veröffentlicht. Leider bestehen nach dieser Revision im Hinblick zur Prüfung von Staub-Immissionsmesseinrichtungen einige Unklarheiten und Widersprüche bezüglich konkreter Mindestanforderungen auf der einen Seite und der generellen Sinnhaftigkeit von Prüfpunkten auf der anderen Seite. Es besteht konkret Klärungsbedarf bei den folgenden Prüfpunkten:

6.1	5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt	→ nicht sinnvoll für Staubgeräte
6.1	5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)	→ nicht sinnvoll für Staubgeräte
6.1	5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.12 Langzeitdrift	→ keine Mindestanforderung definiert
6.1	5.3.13 Kurzzeitdrift	→ nicht sinnvoll für Staubgeräte
6.1	5.3.18 Gesamtunsicherheit	→ nicht sinnvoll für Staubgeräte

Aus diesem Grunde wurde eine offizielle Anfrage an die zuständige Stelle in Deutschland gestellt, um eine abgestimmte Vorgehensweise zum Umgang mit den Inkonsistenzen der Richtlinie festzulegen.

Es wurde folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden wie bisher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B_0, B_1 und B_2).

Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Die zuständige deutsche Stelle hat dieser vorgeschlagenen Vorgehensweise per Entscheidung vom 27.06.2011 bzw. 07.10.2011 zugestimmt.

6.5 Bewertung

Die Prüfung erfolgte auf Basis der Mindestanforderungen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Die Prüfpunkte 5.3.2, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.11 und 5.3.12 werden daher auf Basis der Mindestanforderungen aus VDI 4202 Blatt 1 von 2002 bewertet (d.h. unter Verwendung der Bezugswerte B_0, B_1 und B_2). Auf die Prüfung der Prüfpunkte 5.3.3, 5.3.4, 5.3.13 und 5.3.18 wird verzichtet, da diese Prüfpunkte für Staubmesseinrichtungen nicht relevant sind.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.3.2 Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Nullpunkt höchstens 2 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die Nachweisgrenze der Messeinrichtung darf den Bezugswert B_0 nicht überschreiten. Die Nachweisgrenze ist im Feldtest zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Bestimmung der Nachweisgrenze erfolgten bei den Testgeräten SN 1512361 und SN 1512401 durch den Betrieb der Messeinrichtung mit jeweils an beiden Messgeräteeinlässen installierten Null-Filtern. Die Aufgabe von schwebstaubfreier Probenluft erfolgte über 15 Tage für die Dauer von jeweils 24 h. Die Ermittlung der Nachweisgrenze erfolgte im Labor.

6.4 Auswertung

Die Nachweisgrenze X wird aus der Standardabweichung s_{x0} der Messwerte bei Ansaugung von schwebstaubfreier Probenluft durch beide Testgeräte ermittelt. Sie entspricht der mit Studentfaktor multiplizierten Standardabweichung des Mittelwertes x_0 der Messwerte x_{0i} für das jeweilige Testgerät:

$$X = t_{n-1;0,95} \cdot s_{x0} \qquad \text{mit} \cdot s_{x0} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Bezugswert: $B_0 = 2\ \mu g/m^3$

6.5 Bewertung

Die Nachweisgrenze ermittelte sich aus den Untersuchungen zu 0,66 µg/m³ für Gerät 1 (SN 1512361) und zu 0,75 µg/m³ für Gerät 2 (SN 1512401).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 13: Nachweisgrenze $PM_{2,5}$

		Gerät SN 1512401	Gerät SN 1512361
Anzahl der Werte n		15	15
Mittelwert der Leerwerte $\overline{x}_0$	µg/m³	0,28	0,34
Standardabweichung der Werte s_{x0}	µg/m³	0,31	0,35
Student-Faktor $t_{n-1;0,95}$		2,14	2,14
Nachweisgrenze x	µg/m³	**0,66**	**0,75**

Die Einzelmesswerte zur Bestimmung der Nachweisgrenze können der Anlage 1 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.3.3 Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt

Die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt darf im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist der Grenzwert bzw. die Alarmschwelle zu verwenden.

Bei abweichenden Zertifizierungsbereichen darf die Wiederholstandardabweichung am Referenzpunkt höchstens 2 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs betragen. Als Referenzpunkt ist in diesem Fall ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze dieses Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.



6.1 5.3.4 Linearität (Lack-of-fit)

Der Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal und dem Wert des Luftbeschaffenheitsmerkmals muss mithilfe einer linearen Analysenfunktion darstellbar sein.

Die Linearität gilt als gesichert, wenn die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion im Zertifizierungsbereich nach Tabelle der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) einhält.

Für die anderen Zertifizierungsbereiche darf die Abweichung der Gruppenmittelwerte der Messwerte von der Kalibrierfunktion nicht mehr als 5 % der oberen Grenze des entsprechenden Zertifizierungsbereichs betragen.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Für Staubmesseinrichtungen für $PM_{2,5}$ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Siehe Modul 5.4.10 ($PM_{2,5}$)

6.3 Durchführung der Prüfung

Für Staubmesseinrichtungen für $PM_{2,5}$ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

6.4 Auswertung

Siehe Modul 5.4.10 ($PM_{2,5}$)

6.5 Bewertung

Für Staubmesseinrichtungen für $PM_{2,5}$ ist diese Prüfung nach der Mindestanforderung 5.4.10 „Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge“ durchzuführen.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Modul 5.4.10 ($PM_{2,5}$)

6.1 5.3.5 Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks

Der Empfindlichkeitskoeffizient des Probengasdrucks am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.6 Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Probengastemperatur am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t *bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.*

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.7 Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur

Der Empfindlichkeitskoeffizient der Umgebungstemperatur am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgende Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die Temperaturabhängigkeit des Nullpunkt-Messwertes darf bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.

Die Temperaturabhängigkeit des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf nicht mehr als ± 5 % des Messwertes bei einer Änderung der Umgebungstemperatur um 15 K im Bereich zwischen +5 °C und +20 °C bzw. 20 K im Bereich zwischen +20 °C und +40 °C betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Klimakammer für den Temperaturbereich +5 bis +40 °C, Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung, Referenzfolie zur Referenzpunktüberprüfung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Nullpunktes und der Messwerte von der Umgebungstemperatur wurden die vollständigen Messeinrichtungen in der Klimakammer betrieben.

Für die Nullpunktuntersuchungen wurde den beiden Testgeräten SN 1512361 und SN 1512401 durch Montage von Null-Filtern an jeweils beiden Geräteeinlässen schwebstaubfreie Probenluft zugeführt.

Für die Referenzpunktuntersuchungen wurde bei den Testgeräten SN 1512361 und SN 1512401 zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit der Referenzfolienmesswert überprüft.

Die Umgebungstemperaturen in der Klimakammer wurden in der Reihenfolge 20 °C – 5 °C – 20 °C – 40 °C – 20 °C variiert. Nach einer Äquilibrierzeit von ca. 24 h pro Temperaturstufe erfolgte die Aufnahme der Messwerte am Nullpunkt (pro Temperaturstufe je 3 x 24 h) sowie der Messwerte am Referenzpunkt (pro Temperaturstufe je 3 x).

6.4 Auswertung

Nullpunkt:

Es wurden die Messwerte für die Konzentration der jeweils 24-stündigen Einzelmessungen ausgelesen und ausgewertet. Betrachtet wird die absolute Abweichung in µg/m³ pro Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt von 20 °C.

Bezugswert: B_0 = 2 µg/m³

Referenzpunkt:

Betrachtet wird die prozentuale Änderung des ermittelten Messwertes für die Referenzfolie für jeden Temperaturschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 20 °C.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Überprüfung des Messwertes für die Referenzfolie keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des B_1 war aus diesem Grunde nicht möglich.

6.5 Bewertung

Es konnte ein maximaler Einfluss der Umgebungstemperatur im Bereich 5 °C bis 40 °C auf den Nullpunkt von -1,0 µg/m³ festgestellt werden.

Am Referenzpunkt konnten keine Abweichungen >-3,0 % zum Ausgangswert bei 20 °C ermittelt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 14: Abhängigkeit des Nullpunktes von der Umgebungstemperatur, Abweichung in µg/m³, Mittelwert aus drei Messungen

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 1512361	SN 1512401
°C	°C	µg/m³	µg/m³
20	5	0,1	-0,4
5	20	0,1	0,0
20	40	-1,0	-0,5
40	20	-0,3	0,0

Tabelle 15: Abhängigkeit der Empfindlichkeit (Folienwert) von der Umgebungstemperatur, Abweichung in %, Mittelwert aus drei Messungen

Temperatur		Abweichung	
Anfangstemperatur	Endtemperatur	SN 1512361	SN 1512401
°C	°C	[%]	[%]
20	5	-0,7	-1,6
5	20	1,0	-2,6
20	40	-2,3	-3,0
40	20	-2,3	-2,1

Die jeweiligen Ergebnisse der 3 Einzelmessungen können der Anlage 2 und Anlage 3 im Anhang entnommen werden.



6.1 5.3.8 Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung

Der Empfindlichkeitskoeffizient der elektrischen Spannung darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1), wird daher alternativ auf die nachfolgende Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die Änderung des Messwertes beim Bezugswert B_1 durch die im elektrischen Netz üblicherweise auftretende Änderung der Spannung im Intervall (230 +15/-20) V darf nicht mehr als B_0 betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Trennstelltrafo, Referenzfolie zur Referenzpunktüberprüfung.

6.3 Durchführung der Prüfung

Zur Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzspannung wurde die Netzspannung ausgehend von 230 V auf 210 V reduziert und anschließend über die Zwischenstufe 230 V auf 245 V erhöht.

Für die Referenzpunktuntersuchungen wurde bei den Testgeräten SN 1512361 und SN 1512401 zur Überprüfung der Stabilität der Empfindlichkeit der Referenzfolienmesswert überprüft.

Da der mobile Einsatz der Messeinrichtung nicht vorgesehen ist, wurde auf die gesonderte Untersuchung der Abhängigkeit des Messsignals von der Netzfrequenz verzichtet.

6.4 Auswertung

Am Referenzpunkt wird die prozentuale Änderung des ermittelten Messwertes für die Referenzfolie für jeden Prüfschritt bezogen auf den Ausgangspunkt bei 230 V betrachtet.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Überprüfung des Messwertes für die Referenzfolie keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des B_1 war aus diesem Grunde nicht möglich.

6.5 Bewertung

Durch Netzspannungsänderungen konnten keine Abweichungen >- 1,4 % für $PM_{2,5}$, bezogen auf den Startwert von 230 V, festgestellt werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 16 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Prüfergebnisse.

Tabelle 16: Abhängigkeit des Messwertes von der Netzspannung, Abweichung in %

Netzspannung		Abweichung	
Anfangsspannung	Endspannung	SN 1512361	SN 1512401
V	V	[%]	[%]
230	210	-0,7	-0,2
210	230	-0,3	-0,4
230	245	-1,4	-0,4
245	230	-1,1	-0,7

Die Einzelergebnisse können der Anlage 4 im Anhang entnommen werden.

6.1 5.3.9 Querempfindlichkeit

Die Änderung des Messwerts aufgrund von Störeinflüssen durch die Querempfindlichkeit gegenüber im Messgut enthaltenen Begleitstoffen darf am Nullpunkt und am Referenzpunkt die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant. Es gilt die Mindestanforderung 5.4.5. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen finden sich deshalb im Modul 5.4.5.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.10 Mittelungseinfluss

Für gasförmige Messkomponenten muss die Messeinrichtung die Bildung von Stundenmittelwerten ermöglichen.

Der Mittelungseinfluss darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.



6.1 5.3.11 Standardabweichung aus Doppelbestimmungen

Die Standardabweichung aus Doppelbestimmungen ist mit zwei baugleichen Messeinrichtungen in der Feldprüfung zu ermitteln. Sie darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) wird daher alternativ auf die nachfolgende Anforderung der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die Reproduzierbarkeit R_D der Messeinrichtung ist aus Doppelbestimmungen mit zwei baugleichen Messeinrichtungen zu ermitteln und darf den Wert 10 nicht unterschreiten. Als Bezugswert ist B_1 zu verwenden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei der Ermittlung der Reproduzierbarkeit kamen zusätzlich die in Kapitel 5 genannten Messeinrichtungen zum Einsatz.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Reproduzierbarkeit ist definiert als der Betrag, um den sich zwei zufällig ausgewählte Einzelwerte, die unter Vergleichsbedingungen gewonnen wurden, höchstens unterscheiden. Die Reproduzierbarkeit wurde mit zwei identischen und parallel betriebenen Geräten im Feldtest bestimmt. Dazu wurden Messdaten aus der gesamten Felduntersuchung herangezogen.

6.4 Auswertung

Die Reproduzierbarkeit berechnet sich wie folgt:

$$R = \frac{B_1}{U} \geq 10 \qquad \text{mit} \qquad U = \pm s_D \cdot t_{(n;0,95)} \quad \text{und} \quad s_D = \sqrt{\frac{1}{2n} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_{1i} - x_{2i})^2}$$

- R = Reproduzierbarkeit bei B_1
- U = Unsicherheit
- B_1 = 25 µg/m³ für $PM_{2,5}$
- s_D = Standardabweichung aus Doppelbestimmungen
- n = Anzahl der Doppelbestimmungen
- $t_{(n;0,95)}$ = Studentfaktor für 95%ige Sicherheit
- x_{1i} = Messsignal des Gerätes 1 (z.B. SN 1512361) bei der i-ten Konzentration
- x_{2i} = Messsignal des Gerätes 2 (z.B. SN 1512401) bei der i-ten Konzentration

6.5 Bewertung

Die Reproduzierbarkeit für $PM_{2,5}$ betrug im Feldtest für den Gesamtdatensatz 21.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 17 zusammenfassend dargestellt. Die grafische Darstellung erfolgt für $PM_{2,5}$ in Abbildung 29 bis Abbildung 33.

Anmerkung: Die ermittelten Unsicherheiten werden auf den Bezugswert B_1 für jeden Standort bezogen.

Tabelle 17: Konzentrationsmittelwerte, Standardabweichung, Unsicherheitsbereich und Reproduzierbarkeit im Feld, Messkomponente $PM_{2,5}$

Standort	Anzahl	$\bar{c}$ (SN 1512361)	$\bar{c}$ (SN 1512401)	$\bar{c}_{ges}$	s_D	t	U	R
		µg/m³	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	
Bonn (Winter)	61	19,3	19,2	19,2	0,598	2,000	1,20	21
Bornheim (Sommer)	67	10,8	10,9	10,9	0,436	1,996	0,87	29
Köln (Herbst)	85	10,6	11,1	10,9	0,735	1,988	1,46	17
Köln (Winter)	52	11,5	11,6	11,6	0,321	2,007	0,64	39
Alle Standorte	265	12,9	13,0	12,9	0,601	1,969	1,18	21

- $\bar{c}$ (SN 1512361): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 1512361
- $\bar{c}$ (SN 1512401): Mittelwert der Konzentrationen Gerät SN 1512401
- $\bar{c}_{ges}$: Mittelwert der Konzentrationen der Geräte SN 1512361 & SN 1512401

Einzelwerte können der Anlage 5 des Anhangs entnommen werden.



6.1 5.3.12 Langzeitdrift

Die Langzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf in der Feldprüfung die die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Dieser Prüfpunkt ist für Staubmesseinrichtungen auf Basis der aktuell gültigen Richtlinienversionen der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) sowie VDI 4203 Blatt 3 (September 2010) aufgrund nicht definierter Mindestanforderungen nicht auswertbar. Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) wird daher alternativ auf die nachfolgenden Anforderungen der Vorgängerversion der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (Juni 2002) verwiesen:

Die zeitliche Änderung des Nullpunkt-Messwertes darf in 24 h und im Wartungsintervall den Bezugswert B_0 nicht überschreiten.
Die zeitliche Änderung des Messwertes im Bereich des Bezugswertes B_1 darf in 24 Stunden und im Wartungsintervall ± 5 % von B_1 nicht überschreiten.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nullfilter zur Nullpunktüberprüfung, Referenzfoliensatz zur Referenzpunktüberprüfung

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte im Rahmen des Feldtestes über einen Gesamtzeitraum von insgesamt ca. 12 Monaten.

Die Messeinrichtungen wurden im Rahmen eines regelmäßigen Checks ca. einmal pro Monat (inkl. zu Beginn und zum Ende jedes Standortes) mit Null-Filter an den Geräteeinlässen für einen Zeitraum jeweils mindestens 24 h betrieben und die gemessenen Nullwerte ausgewertet.

Darüber hinaus wurde über die gesamte Feldtestdauer regelmäßig zur Referenzpunktüberprüfung die Stabilität des Messwertes für die Referenzfolie überprüft und ausgewertet.

6.4 Auswertung

Eine Beurteilung der Drift des Nullpunktes und des Messwertes in 24 h ist gerätebedingt über die interne Prüfprozedur für Null- und Referenzpunkt möglich, ist aber für Staubmesseinrichtungen in der Praxis unüblich.

Die Auswertung am Nullpunkt erfolgt auf Basis der Messergebnisse der regelmäßigen externen Nullpunktmessung durch Vergleich der jeweiligen Werte mit den jeweiligen „Messwerten" des vorherigen Tests und mit dem „Messwert" des ersten Tests.

Die Auswertung am Referenzpunkt erfolgt auf Basis der Messergebnisse für den Messwert der Referenzfolie durch Vergleich der jeweiligen Werte mit den jeweiligen „Messwerten" des vorherigen Tests und mit dem „Messwert" des ersten Tests.

Als Anmerkung sei erwähnt, dass mit Hilfe der Überprüfung des Messwertes der Referenzfolie keine Konzentrationswerte simuliert werden konnten, eine Betrachtung im Bereich des B_1 war aus diesem Grunde nicht möglich.

6.5 Bewertung

Die maximal gefundene Abweichung am Nullpunkt lag bei 1,5 µg/m³ bezogen auf den Vorgängerwert und bei 1,7 µg/m³ bezogen auf den Startwert.

Die im Rahmen der Untersuchung ermittelten Werte für die Drift der Empfindlichkeit betrugen, bezogen auf den Vorgängerwert, maximal -2,7 % für $PM_{2,5}$.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 18 enthält die ermittelten Messwerte für den Nullpunkt und die errechneten Abweichungen bezogen auf den Vorgängerwert und bezogen auf den Startwert in µg/m³. Abbildung 23 bis Abbildung 24 zeigen eine grafische Darstellung der Nullpunktdrift über den Untersuchungszeitraum.

In Tabelle 19 sind die Abweichungen der Messwerte in % vom jeweiligen Vorgängerwert aufgeführt. Abbildung 25 und Abbildung 26 zeigen eine grafische Darstellung der Drift der Messwerte (bezogen auf den Vorgängerwert).

Tabelle 18: Nullpunktdrift SN 1512361 & SN 1512401, mit Nullfilter

Datum	SN 1512361			Datum	SN 1512401		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert		Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
	µg/m³	µg/m³	µg/m³		µg/m³	µg/m³	µg/m³
28.02.2013	0,1	-	-	28.02.2013	1,0	-	-
30.03.2013	0,5	0,4	0,4	30.03.2013	0,7	-0,3	0,6
31.03.2013	1,0	0,4	0,9	31.03.2013	0,4	-0,2	0,4
01.04.2013	0,5	-0,4	0,4	01.04.2013	0,4	0,0	0,3
26.04.2013	0,8	0,3	0,7	26.04.2013	0,3	-0,1	0,2
27.04.2013	0,3	-0,5	0,2	27.04.2013	0,6	0,3	0,5
28.04.2013	1,8	1,5	1,7	28.04.2013	1,6	1,0	1,5
14.05.2013	0,9	-0,9	0,8	14.05.2013	0,6	-1,1	0,5
15.05.2013	0,8	-0,1	0,8	15.05.2013	0,6	0,1	0,5
22.06.2013	1,2	0,3	1,1	22.06.2013	0,8	0,2	0,7
23.06.2013	0,6	-0,5	0,6	23.06.2013	1,4	0,6	1,3
26.07.2013	1,8	1,1	1,7	26.07.2013	-0,1	-1,5	-0,2
04.09.2013	0,7	-1,1	0,6	04.09.2013	0,6	0,7	0,6
16.10.2013	0,1	-0,6	0,0	16.10.2013	0,7	0,1	0,6
08.11.2013	0,3	0,2	0,2	08.11.2013	0,4	-0,3	0,4
09.11.2013	0,1	-0,2	0,0	09.11.2013	0,2	-0,2	0,1
10.11.2013	0,3	0,2	0,2	10.11.2013	0,2	0,0	0,1
14.12.2013	0,1	-0,2	0,0	14.12.2013	0,6	0,4	0,5
15.12.2013	0,3	0,2	0,2	15.12.2013	0,3	-0,3	0,2
13.01.2014	0,3	0,0	0,2	13.01.2014	0,0	-0,3	-0,1
07.02.2014	0,4	0,2	0,4	07.02.2014	1,0	1,0	0,9
08.02.2014	0,0	-0,5	-0,1	08.02.2014	0,4	-0,6	0,3
09.02.2014	0,4	0,4	0,3	09.02.2014	0,3	-0,1	0,3
10.03.2014	0,4	0,0	0,4	10.03.2014	0,6	0,2	0,5

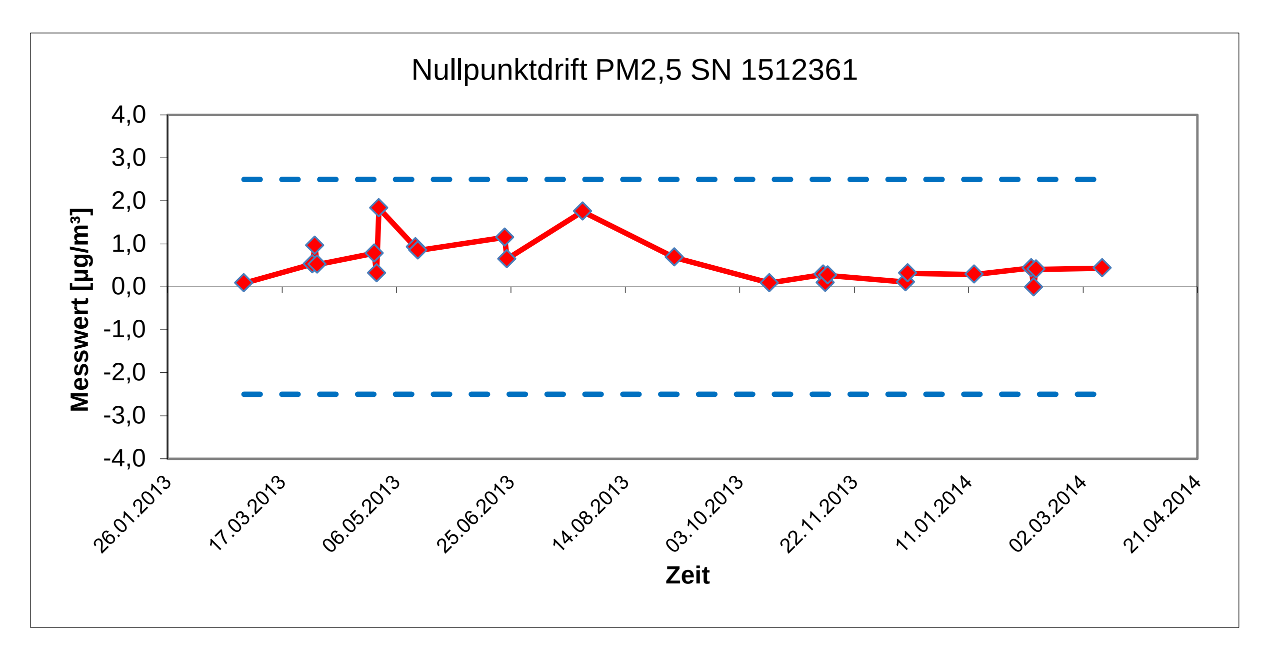


Abbildung 23: Nullpunktdrift SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$

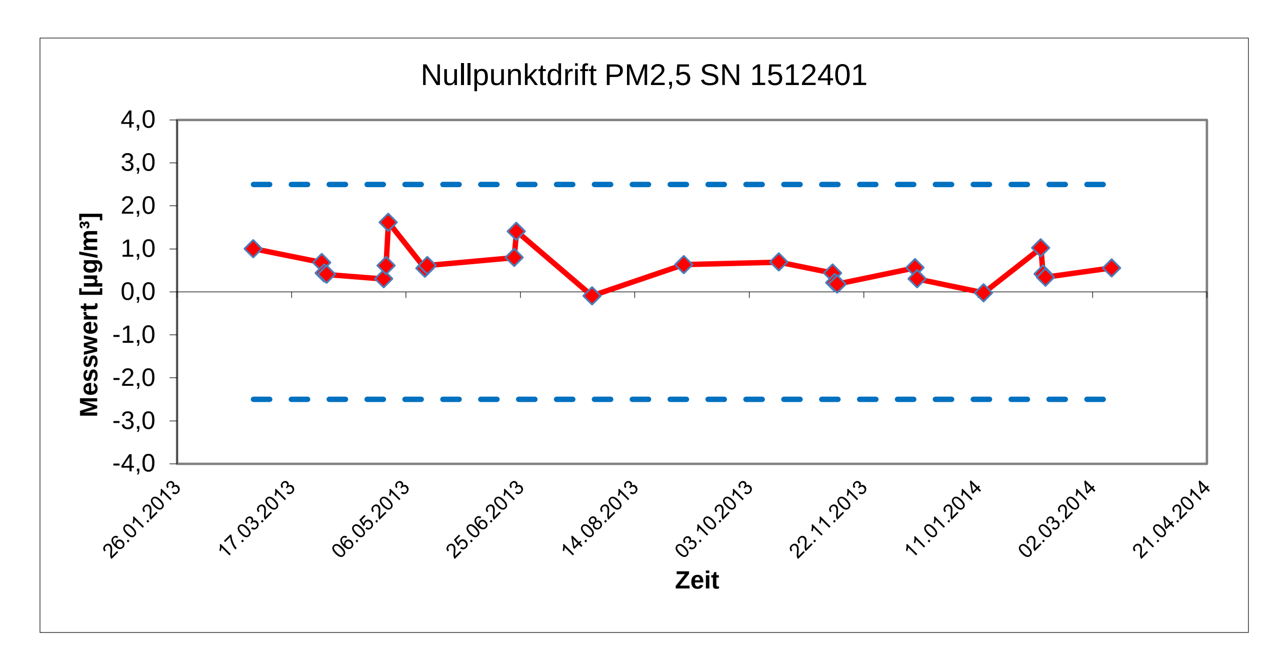


Abbildung 24: Nullpunktdrift SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$

Tabelle 19: Empfindlichkeitsdrift SN 1512361 & SN 1512401

Datum	SN 1512361			Datum	SN 1512401		
	Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert		Messwert	Abweichung zum Vorgängerwert	Abweichung zum Startwert
		%	%			%	%
27.02.2013	289,4	-	-	27.02.2013	291,1	-	-
02.05.2013	295,0	1,9	1,9	02.05.2013	294,0	1,0	1,0
03.09.2013	301,0	2,0	4,0	03.09.2013	293,0	-0,3	0,7
12.12.2013	293,0	-2,7	1,2	12.12.2013	289,0	-1,4	-0,7
11.03.2014	286,0	-2,4	-1,2	11.03.2014	288,0	-0,3	-1,1

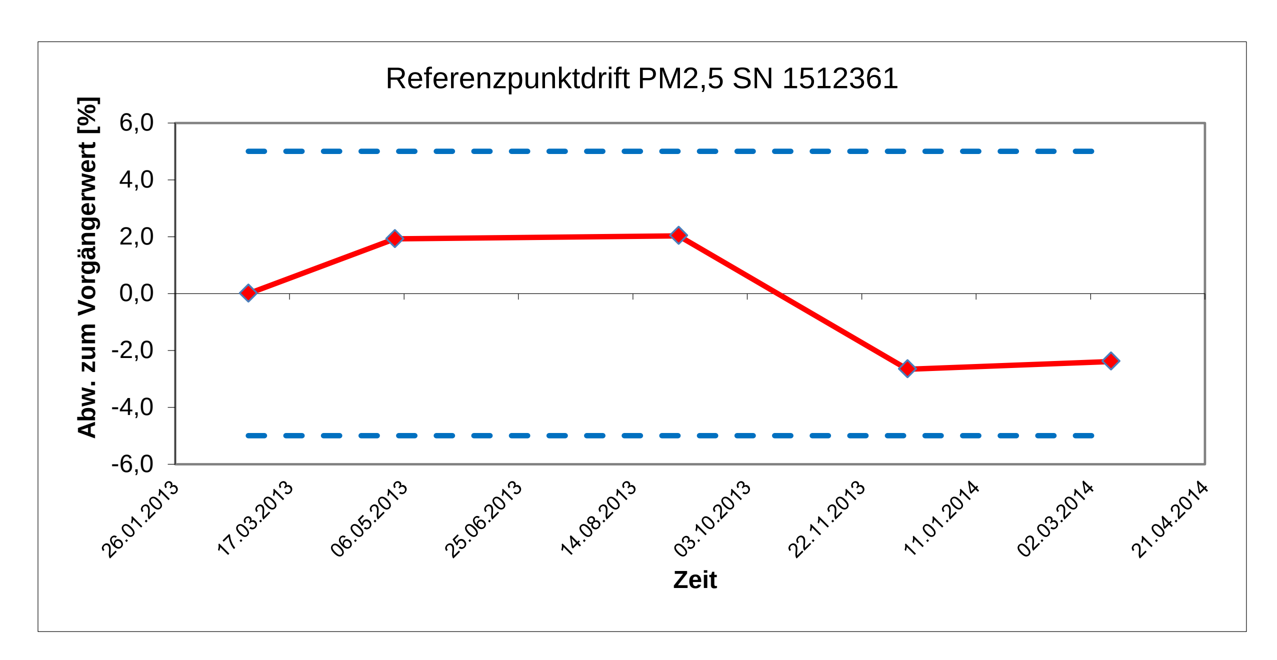


Abbildung 25: Drift des Messwertes SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$

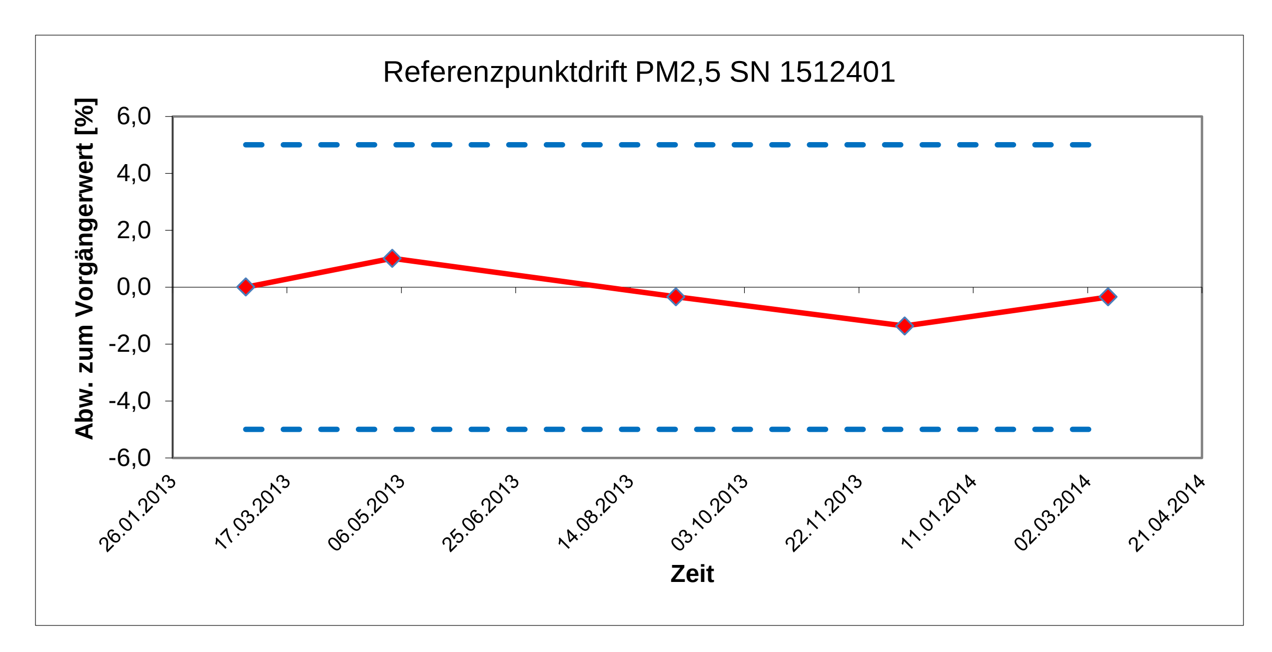


Abbildung 26: Drift des Messwertes SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$

6.1 5.3.13 Kurzzeitdrift

Die Kurzzeitdrift am Nullpunkt und am Referenzpunkt darf die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) in der Laborprüfung in 12 h (für Benzol in 24 h) und in der Feldprüfung in 24 h nicht überschreiten. Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.14 Einstellzeit

Die Einstellzeit (Anstieg) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf höchstens 180 s betragen.

Die Differenz zwischen der Einstellzeit (Anstieg) und der Einstellzeit (Abfall) der Messeinrichtung darf maximal 10 % der Einstellzeit (Anstieg) oder 10 s betragen, je nachdem, welcher Wert größer ist.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.15 Differenz zwischen Proben- und Kalibriereingang

Die Differenz zwischen den Messwerten bei Aufgabe am Proben- und Kalibriereingang darf den Wert der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten Als Referenzpunkt ist ein Wert c_t bei 70 % bis 80 % der oberen Grenze des Zertifizierungsbereichs zu verwenden.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.16 Konverterwirkungsgrad

Bei Messeinrichtungen mit einem Konverter muss dessen Wirkungsgrad mindestens 98 % betragen.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.17 Anstieg der NO_2-Konzentration durch Verweilen im Messgerät

Bei NO_x-Messeinrichtungen darf der Anstieg der NO_2-Konzentration durch Verweilen im Messgerät die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) nicht überschreiten.

Die Anforderungen der Tabelle 2 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) gelten für die Zertifizierungsbereiche nach Tabelle 1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010). Für abweichende Zertifizierungsbereiche sind die Anforderungen entsprechend linear umzurechnen.

Hinweis:

Für Staubmesseinrichtungen ist dieser Punkt nicht relevant.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.

6.1 5.3.18 Gesamtunsicherheit

Die erweiterte Messunsicherheit der Messeinrichtung ist zu ermitteln. Dieser ermittelte Wert darf die in Anhang A, Tabelle A1 der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) aufgeführten Vorgaben der anzuwendenden EU-Richtlinien zur Luftqualität nicht überschreiten.

Hinweis:

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.4 Auswertung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

Bewertung

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Gemäß Beschluss der zuständigen Stelle in Deutschland (siehe Modul 5.3.1) ist dieser Prüfpunkt für Staubmesseinrichtungen nicht relevant. Es wird auf das Modul 5.4.10 verwiesen.

6.1 5.4.1 Allgemeines

Die Prüfung für Staubmesseinrichtungen erfolgen gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).
Partikelmassenkonzentrationen müssen auf ein definiertes Volumen bezogen sein. Der Volumenbezug hinsichtlich Druck und Temperatur muss nachvollziehbar angegeben werden.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Es wurde geprüft, ob die gemessenen Partikelmassenkonzentrationen auf ein definiertes Volumen bezogen sind.

6.4 Auswertung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Die Messeinrichtung F-701-20 ist ein radiometrisches Messgerät. Die auf dem Filterband abgeschiedene Masse wird von der radiometrischen Messung bestimmt. Die ermittelte Masse wird auf ein definiertes und aktiv geregeltes Probenahmevolumen bezogen und somit die Partikelmassenkonzentration bestimmt.

6.5 Bewertung

Die Prüfung erfolgte gemäß der Mindestanforderungen der Tabelle 5 der Richtlinie VDI 4202, Blatt 1 (September 2010).

Die ermittelte Partikelmasse wird auf ein definiertes und aktiv geregeltes Probenahmevolumen bezogen und somit die Partikelmassenkonzentration bestimmt.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.1 5.4.2 Gleichwertigkeit des Probenahmesystems

Für das PM_{10}-Probenahmesystem ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren nach DIN EN 12 341 [T5] nachzuweisen.

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.4 Auswertung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.5 Bewertung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? -

Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.10 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.1 5.4.3 Vergleichbarkeit der Probenahmesysteme

Die PM_{10}-Probenahmesysteme zweier baugleicher Prüflinge müssen untereinander nach DIN EN 12 341 [T5] vergleichbar sein. Dies ist während der Feldprüfung nachzuweisen.

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.3 Durchführung der Prüfung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.4 Auswertung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.5 Bewertung

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Für $PM_{2,5}$-Probenahmesysteme nicht zutreffend. Es wird auf Modul 5.4.9 des vorliegenden Berichts verwiesen.

6.1 5.4.4 Kalibrierung

Die Prüflinge sind in der Feldprüfung mit dem Referenzverfahren durch Vergleichsmessungen zu kalibrieren. Hierbei ist der Zusammenhang zwischen dem Messsignal und der gravimetrisch bestimmten Referenzkonzentration als stetige Funktion zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Siehe Modul 5.4.10.

6.3 Durchführung der Prüfung

Für $PM_{2,5}$:

Die Vergleichbarkeit der Messeinrichtungen gemäß Modul 5.4.10 wurde im Rahmen der Prüfung nachgewiesen.

Zur Bestimmung der Kalibrier- bzw. Analysenfunktion wird auf den gesamten Datensatz (213 (SN 1512361) bzw. 213 (SN 1512401) valide Wertepaare) zurückgegriffen.

Die Kennwerte der Kalibrierfunktion

$$y = m * x + b$$

wurden durch orthogonale Regression ermittelt. Die Analysenfunktion ist die Umkehrung der Kalibrierfunktion. Sie lautet:

$$x = 1/m * y – b/m$$

Die Steigung m der Regressionsgeraden charakterisiert die Empfindlichkeit des Messgerätes, der Ordinatenabschnitt b den Nullpunkt.

6.4 Auswertung

Es ergeben sich die in Tabelle 20 aufgeführten Kennwerte.

Tabelle 20: Ergebnisse der Kalibrier- und Analysenfunktion, Messkomponente $PM_{2,5}$

Geräte-Nr.	Kalibrierfunktion		Analysenfunktion	
	Y = m * x + b		x = 1/m * y - b/m	
	m	b	1/m	b/m
	µg/m³ / µg/m³	µg/m³	µg/m³ / µg/m³	µg/m³
Gerät 1 (SN 1512361)	0,921	0,457	1,086	0,496
Gerät 2 (SN 1512401)	0,915	0,689	1,093	0,753

6.5 Bewertung

Ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen dem Referenzmessverfahren und der Geräteanzeige konnte nachgewiesen werden.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Siehe Modul 5.4.10.

6.1 5.4.5 Querempfindlichkeit

Der Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte darf im Bereich des Grenzwertes nicht mehr als 10 % des Grenzwerts betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht notwendig.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Ermittlung des Störeinflusses durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte erfolgte unter Feldbedingungen.

Hierzu wurden aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die Differenzen zwischen dem ermittelten Referenzwert (= Sollwert) und dem Messwert des jeweiligen Prüfling errechnet und die mittlere Differenz als konservative Abschätzung für den Störeinfluss durch die im Messgut enthaltene Feuchte angesetzt.

Zusätzlich wurden aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die Referenz-Äquivalenzfunktionen für beide Testgeräte bestimmt.

6.4 Auswertung

Es wurde aus den Felduntersuchungen für Tage mit einer relativen Feuchte > 70 % die mittlere Differenz zwischen dem ermittelten Referenzwert (= Sollwert) und dem Messwert des jeweiligen Prüfling errechnet und die relative Abweichung zur mittleren Konzentration ermittelt.

Jahresgrenzwert $PM_{2,5}$ = 25 µg/m³ 10 % von JGW = 2,5 µg/m³

Es wurde weiterhin untersucht, ob die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" [4] auch für den Fall, dass die Messwerte an Tagen mit einer relativen Feuchte > 70 % gewonnen wurden, gegeben ist.

6.5 Bewertung

Es konnte kein Störeinfluss >-0,6 µg/m³ Abweichung vom Sollwert für $PM_{2,5}$ durch die im Messgut enthaltene Luftfeuchte auf das Messsignal festgestellt werden. Während des Feldtestes konnte bei wechselnden relativen Luftfeuchten kein negativer Einfluss auf die Messwerte beobachtet werden. Die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren gemäß Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" [4] ist auch für Tage mit einer relativen Luftfeuchte > 70 % gegeben.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 21 zeigt eine zusammenfassende Darstellung.

Tabelle 21: Abweichung zwischen Referenzmessung und Prüfling an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 %, Messkomponente $PM_{2,5}$

Feldtest, Tage mit relativer Feuchte >70 %				
		Referenz	SN 1512361	SN 1512401
Mittelwert	µg/m³	13,8	13,2	13,3
Abweichung zu Mittelwert Referenz in µg/m³	µg/m³	-	-0,6	-0,5
Abweichung in % von Mittelwert Referenz	%	-	-4,3	-3,6
Abweichung in % von JGW	%	-	-2,4	-2,0

Einzelwerte können den Anlagen 5 und 6 im Anhang entnommen werden.

Die Darstellung und Bewertung der Messunsicherheiten W_{CM} an Tagen mit einer relativen Luftfeuchte > 70 % erfolgt in Tabelle 22. Einzelwerte können den Anlagen 5 und 6 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 22: Vergleich Testgerät SN 1512361 / SN 1512401 mit Referenzgerät, rel. Luftfeuchte > 70 %, alle Standorte, Messkomponente $PM_{2,5}$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfling	F-701-20		SN	SN 1512361 / SN 1512401	
			Grenzwert	30	µg/m³
Status Messwerte	Rohdaten		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Standorte, rF>70%					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,57**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,61**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**203**			**203**	
Steigung b	**0,920**			**0,913**	
Unsicherheit von b	**0,009**			**0,011**	
Achsabschnitt a	**0,486**			**0,728**	
Unsicherheit von a	**0,154**			**0,176**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**14,75**	**%**		**15,26**	**%**



6.1 5.4.6 Mittelungseinfluss

Die Messeinrichtung muss die Bildung von 24 h-Mittelwerten ermöglichen.

Die Summe aller Filterwechsel darf innerhalb von 24 h nicht mehr als 1 % dieser Mittelungszeit betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurde zusätzlich eine Uhr bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Es wurde geprüft, ob die Messeinrichtung die Bildung eines Tagesmittelwertes ermöglicht.

6.4 Auswertung

Die Messeinrichtung arbeitet mit Messzyklen zwischen 15 min und 24 h.

Die Absaugdauer bzw. die Sammelzeit entspricht der jeweils programmierten Zykluszeit und der programmierten Belegzahl abzüglich der Messzeit bzw. der Zeiten für Filterbandbewegungen. Über die Belegzahl kann eine Mehrfachbelegung eines Filterspots festgelegt werden. Sie kann zwischen 1 (=für jeden Zyklus einen neuen Filterspot) und 24 (=ein Filterspot wird 24fach belegt) parametriert werden.

Die Absaugdauer beträgt daher:

Für Zykluszeit 60 min und Belegzahl 1:

60 min – (2 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 48 min

Bei einer Belegzahl >1 dient dann die Messung nach einer Absaugung sowohl zur Kalkulation des Messwerts des abgeschlossenen Zyklus als auch als Startmessung für den nachfolgenden Zyklus, d.h. pro Zyklus ist nur eine radiometrische Messung von 300 s notwendig.

In der Eignungsprüfung war eine Zykluszeit von 60 min mit einer Belegzahl 24 parametriert. Die Absaugdauer beträgt dann:

Zyklus 1: 60 min – (2 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 48 min

Zyklus 2-24: 60 min – (1 x 300 s Messzeit + 120 s Filterbandbewegungen) = 53 min

Die verfügbare Probenahmezeit pro Messzyklus liegt damit zwischen 80 % und 88,3 % der Gesamtzykluszeit. Die Ergebnisse aus den Felduntersuchungen gemäß Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge aus diesem Bericht zeigen, dass bei dieser Gerätekonfiguration die Vergleichbarkeit der Prüflinge mit dem Referenzverfahren sicher nachgewiesen werden konnte und die Bildung von Tagesmittelwerten damit gesichert möglich ist.

6.5 Bewertung

Mit der beschriebenen Gerätekonfiguration und einem Messzyklus von 1 h bei einer Belegzahl von 24 ist die Bildung von validen Tagesmittelwerten auf Basis der 24 Messzyklen möglich

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Hier nicht erforderlich.



6.1 5.4.7 Konstanz des Probenahmevolumenstroms

Der über der Probenahmedauer gemittelte Probenahmevolumenstrom muss auf ± 3 % vom Sollwert konstant sein. Alle Momentanwerte des Probenahmevolumenstroms müssen während der Probenahmedauer innerhalb der Schwankungsbreite von ± 5 % des Sollwertes liegen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für die Prüfung wurden zusätzlich ein Durchflussmesser gemäß Punkt 4 bereitgestellt.

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Probenahmevolumenstrom wurde vor dem ersten Feldteststandort kalibriert und dann vor den Feldteststandorten mit Hilfe einer trockenen Gasuhr bzw. eines Massendurchflussmessers auf Korrektheit überprüft und falls erforderlich nachjustiert.

Um die Konstanz des Probenahmevolumenstroms zu ermitteln, wurde die Durchflussrate gemäß des zukünftig relevanten Prüfpunkts 7.4.5 „Konstanz des Probevolumenstroms" der Technischen Spezifikation DIN CEN/TS 16450 (August 2013) [9] über 24 h im Feld mit Hilfe eines Massendurchflussmessers aufgezeichnet und ausgewertet.

6.4 Auswertung

Aus den ermittelten Messwerten für den Durchfluss wurden Mittelwert, Standardabweichung sowie Maximal- und Minimalwert bestimmt.

6.5 Bewertung

Die Ergebnisse der vor den Feldteststandorten durchgeführten Überprüfung der Durchflussrate sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23: Ergebnisse Kontrolle Durchflussrate

Durchflussüberprüfung vor	SN 1512361		SN 1512401	
Standort:	[l/min]	Abw. vom Soll [%]	[l/min]	Abw. vom Soll [%]
Bonn, Winter	16,67*	-	16,67*	-
Bornheim, Sommer	16,69	0,12	16,72	0,30
Köln, Herbst	16,35	-1,92	16,42	-1,50
Köln, Winter	16,58	-0,54	16,68	0,06

* Justiert am 27.02.2013

Die grafischen Darstellungen der Konstanz des Durchflusses zeigen, dass alle während der Probenahme ermittelten Messwerte weniger als ±5 % vom jeweiligen Sollwert abweichen. Die Abweichung der 24h-Mittelwerte für den Gesamtdurchfluss von 16,67 l/min ist ebenfalls deutlich kleiner als die geforderten ±3 % vom Sollwert.

Alle ermittelten Tagesmittelwerte weichen weniger als ± 3 %, alle Momentanwerte weniger als ± 5 % vom Sollwert ab.

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

In Tabelle 24 sind die ermittelten Kenngrößen für den Durchfluss aufgeführt. Abbildung 27 bis Abbildung 28 zeigen die grafische Darstellung der Durchflussmessungen an den beiden Testgeräten SN 1512361 und SN 1512401.

Tabelle 24: Kenngrößen für die Durchflussmessung (24h-Mittel), SN 1512361 & SN 1512401

Gerät	Mittelwert [l/min]	Abweichung vom Sollwert [%]	Std. Abw. [l/min]	Max [l/min]	Min [l/min]
SN 1512361	16,662	-0,05	0,1228	17,22	16,27
SN 1512401	16,637	-0,20	0,1234	17,03	16,18

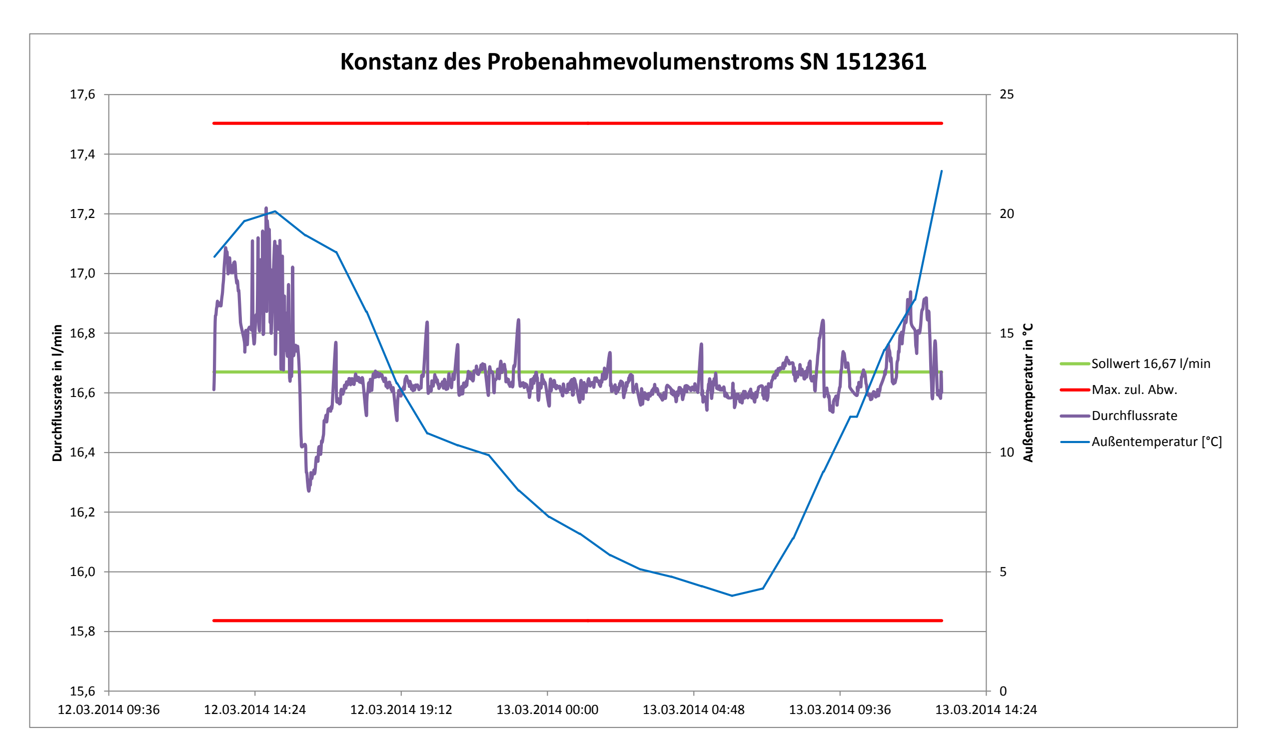


Abbildung 27: Durchfluss am Testgerät SN 1512361 (Feld)

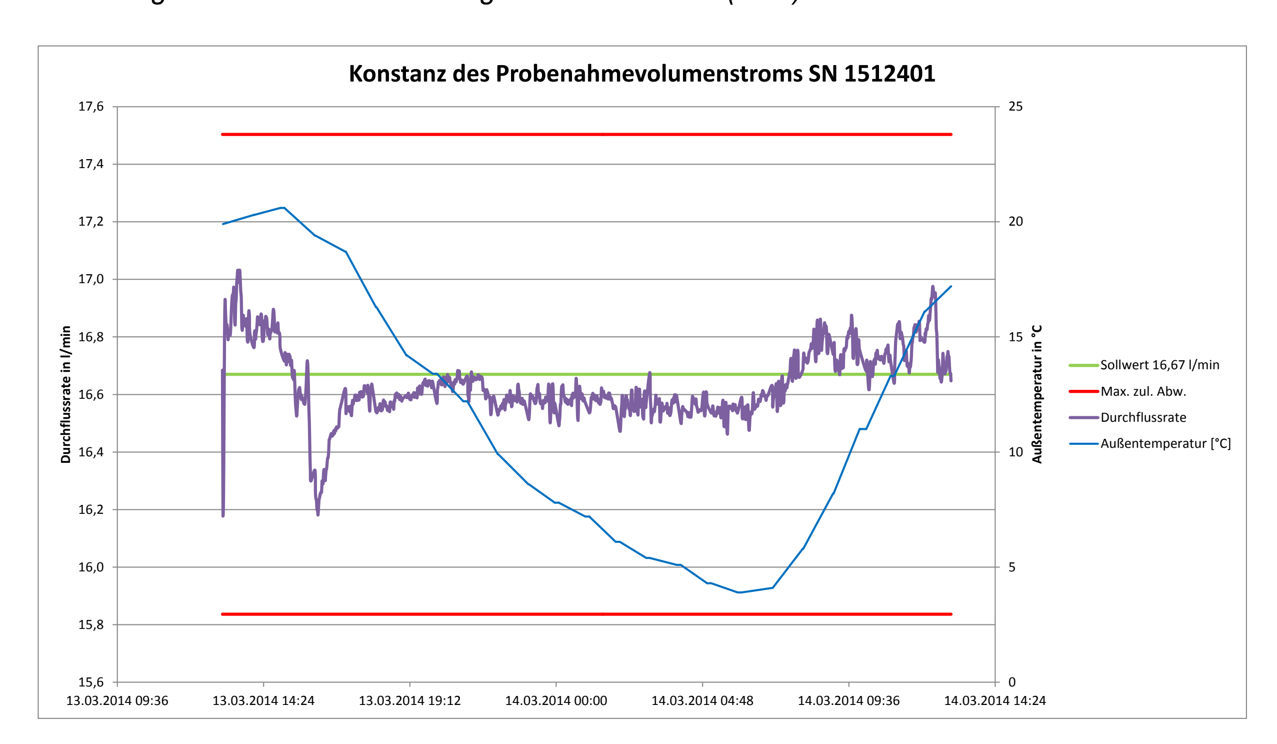


Abbildung 28: Durchfluss am Testgerät SN 1512401 (Feld)

6.1 5.4.8 Dichtheit des Probenahmesystems

Die gesamte Messeinrichtung ist auf Dichtheit zu prüfen. Die Undichtigkeit darf nicht mehr als 1 % vom durchgesaugten Probenahmevolumen betragen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Stopfen zum Verschließen des Ansaugrohres

6.3 Durchführung der Prüfung

Der Durchflusssensor der Messeinrichtung F-701-20 ist unmittelbar vor der Pumpe angeordnet. Um die Leckrate der Messeinrichtung zu bestimmen, wird gemäß Kapitel 5.3.3 des Handbuchs das Gerät gestartet und nach Erreichen der Solldurchflussrate von 1000 l/h der Eingang des Probenahmerohres z.B. mit dem Daumen oder einem Stopfen abgedichtet. Die vom Gerät gemessene Durchflussrate muss dann gemäß Herstellerangaben unter 10 l/h, idealerweise auf 0 l/h absinken.

Diese Prozedur wurde jeweils zu Beginn eines jeden Feldteststandorts durchgeführt.

Es wird empfohlen, die Dichtigkeit der Messeinrichtung mit Hilfe der beschriebenen Prozedur alle 3 Monate vor der regelmäßigen Durchflussüberprüfung zu überprüfen.

6.4 Auswertung

Die Dichtigkeitsprüfung wurde jeweils zu Beginn eines jeden Feldteststandorts durchgeführt.

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung – Durchfluss maximal 10 l/h bei blockiertem Einlass - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit.

Die maximal ermittelte Leckrate von 1 l/h ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 1000 l/h (16,67 l/min).

6.5 Bewertung

Das vom Gerätehersteller vorgegebene Kriterium zum Bestehen der Dichtigkeitsprüfung – Durchfluss maximal 10 l/h bei blockiertem Einlass - erwies sich in der Prüfung als geeignete Kenngröße zur Überwachung der Gerätedichtigkeit.

Die maximal ermittelte Leckrate von 1 l/h ist kleiner als 1 % von der nominalen Durchflussrate von 1000 l/h (16,67 l/min).

Mindestanforderung erfüllt? ja

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 25 enthält die ermittelten Werte aus der Dichtigkeitsprüfung.

Tabelle 25: Ergebnisse der Dichtigkeitsprüfungen

Dichtigkeitsüberprüfung vor	SN 1512361		SN 1512401	
Standort:	Soll [l/h]	Ist [l/h]	Soll [l/h]	Ist [l/h]
Bonn, Winter	< 10	0	< 10	0
Bornheim, Sommer	< 10	1	< 10	0
Köln, Herbst	< 10	0	< 10	0
Köln, Winter	< 10	0	< 10	0

6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung (Module 5.4.9 – 5.4.11)

Gemäß der Version des Leitfadens vom Januar 2010 [4] müssen zum Nachweis der Äquivalenz die folgenden 5 Kriterien erfüllt werden:

1. Vom Gesamtdatensatz müssen mindestens 20 % der Konzentrationswerte (ermittelt mit Referenzmethode) größer sein als die in 2008/50/EG [7] festgelegte obere Beurteilungsschwelle für Jahresgrenzwerte, d.h. 28 µg/m³ für PM_{10} und 17 µg/m³ für $PM_{2,5}$.
2. Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen muss kleiner sein als 2,5 µg/m³ für alle Daten sowie für einen Datensatz mit Daten größer/gleich 30 µg/m³ für PM_{10} und 18 µg/m³ für $PM_{2,5}$.
3. Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten muss kleiner sein als 2,0 µg/m³.
4. Die erweiterte Unsicherheit (W_{CM}) wird berechnet bei 50 µg/m³ für PM_{10} und bei 30 µg/m³ für $PM_{2,5}$ für jeden einzelnen Prüfling gegen den Mittelwert der Referenzmethode. Für jeden der folgenden Fälle muss die erweiterte Unsicherheit kleiner 25 % sein:
   - Gesamtdatensatz;
   - Datensatz mit PM-Konzentrationen größer/gleich 30 µg/m³ für PM_{10} oder größer/gleich 18 µg/m³ für $PM_{2,5}$, vorausgesetzt der Datensatz enthält 40 oder mehr gültige Datenpaare;
   - Datensätze für jeden einzelnen Standort.
5. Voraussetzung für die Akzeptanz des Komplettdatensatzes ist, dass die Steigung b insignifikant verschieden ist von 1: $|b-1| \leq 2 \cdot u(b)$ und der Achsabschnitt a insignifikant verschieden ist von 0: $|a| \leq 2 \cdot u(a)$. Wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt werden, dann können die Prüflinge mit den Werten des Gesamtdatensatzes für die Steigung und/oder für den Achsabschnitt kalibriert werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Erfüllung der 5 Kriterien geprüft:

Unter Punkt 6.1 5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} werden die Kriterien 1 und 2 geprüft.

Unter Punkt 6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge werden die Kriterien 3, 4 und 5 geprüft.

Unter Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen erfolgt eine Auswertung für den Fall, dass Kriterium 5 nicht ohne Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen erfüllt werden kann.



6.1 5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs}

Bei der Prüfung von $PM_{2,5}$-Messeinrichtungen ist die Unsicherheit zwischen den Prüflingen nach Kapitel 9.5.3.1 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" im Feldtest an mindestens vier für den späteren Einsatz repräsentativen Probenahmeorten zu ermitteln.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe $PM_{2,5}$ Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als die obere Beurteilungsschwelle gemäß 2008/50/EG [7]. Für $PM_{2,5}$ liegt die obere Beurteilungsschwelle bei 17 µg/m³.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Vergleiche, 213 valide Messwertpaare für SN 1512361, 213 valide Messwertpaare für SN 1512401) liegen insgesamt 27,2 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m³ für $PM_{2,5}$. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

6.4 Auswertung

Gemäß **Punkt 9.5.3.1** des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" gilt:

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} muss ≤ 2,5 µg/m³ liegen. Eine Unsicherheit über 2,5 µg/m³ zwischen den beiden Prüflingen ist ein Hinweis, dass die Leistung eines oder beider Systeme unzureichend ist und die Gleichwertigkeit nicht erklärt werden kann.

Die Unsicherheit wird dabei ermittelt für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam (Kompletter Datensatz)
- 1 Datensatz mit Messwerten ≥ 18 µg/m³ für $PM_{2,5}$ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Darüber hinaus erfolgt in diesem Bericht auch eine Auswertung für die folgenden Datensätze:

- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten < 18 µg/m³ für $PM_{2,5}$ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} wird aus den Differenzen aller Tagesmittelwerte (24 h-Werte) der Prüflinge, die parallel betrieben werden, nach folgender Gleichung berechnet:

$$u_{bs}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_{i,1} - y_{i,2})^2}{2n}$$

mit $y_{i,1}$ und $y_{i,2}$ = Ergebnisse der parallelen Messungen einzelner 24h-Werte i

n = Anzahl der 24h-Werte

6.5 Bewertung

Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} liegt mit maximal 0,84 µg/m³ für $PM_{2,5}$ unterhalb des geforderten Wertes von 2,5 µg/m³.

Mindestanforderung erfüllt? ja



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 26 führt die berechneten Werte für die Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} auf. Die grafische Darstellung erfolgt in Abbildung 29 bis Abbildung 35.

Tabelle 26: Unsicherheit zwischen den Prüflingen u_{bs} für die Testgeräte SN 1512361 und SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$

Testgeräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
SN			µg/m³
SN 1512361 / SN 1512401	**Alle Standorte**	**265**	**0,61**
Einzelstandorte			
SN 1512361 / SN 1512401	Bonn, Winter	61	0,62
SN 1512361 / SN 1512401	Bornheim, Sommer	67	0,45
SN 1512361 / SN 1512401	Köln, Herbst	85	0,81
SN 1512361 / SN 1512401	Köln, Winter	52	0,33
Klassierung über Referenzwerte			
SN 1512361 / SN 1512401	**Werte ≥ 18 µg/m³**	**53**	**0,84**
SN 1512361 / SN 1512401	Werte < 18 µg/m³	160	0,50

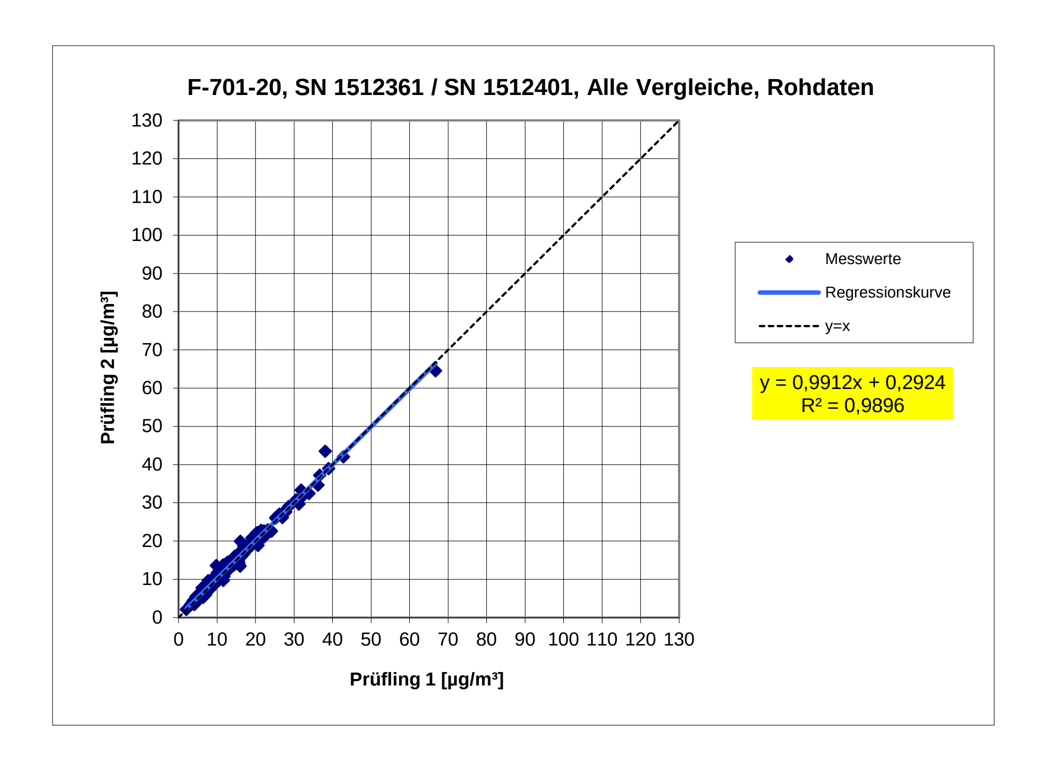


Abbildung 29: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, alle Standorte

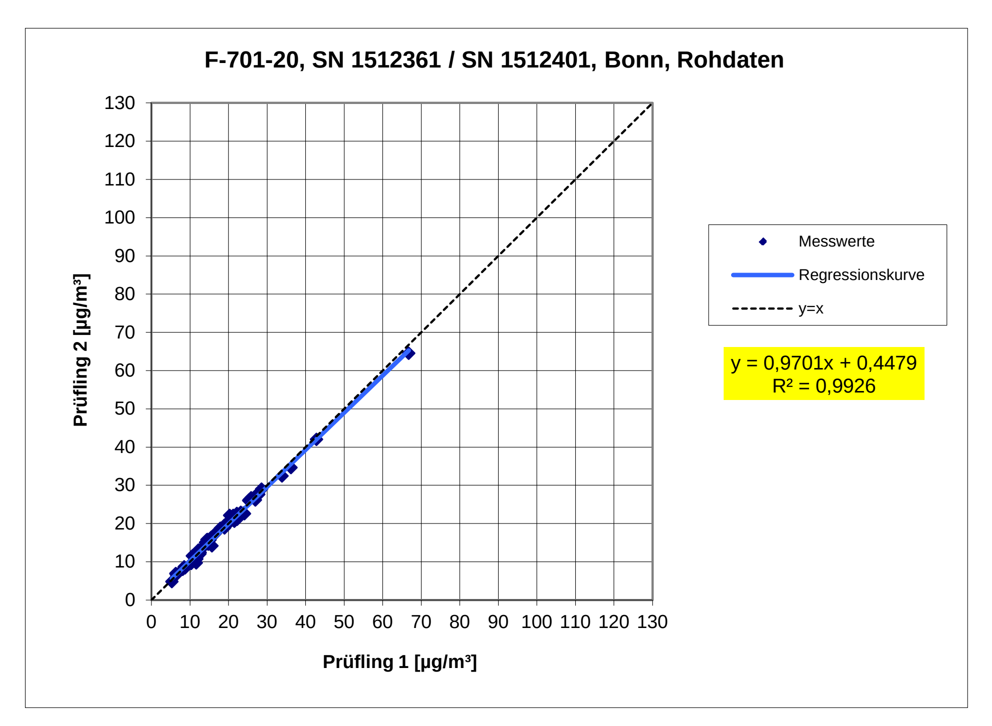


Abbildung 30: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Standort Bonn, Winter



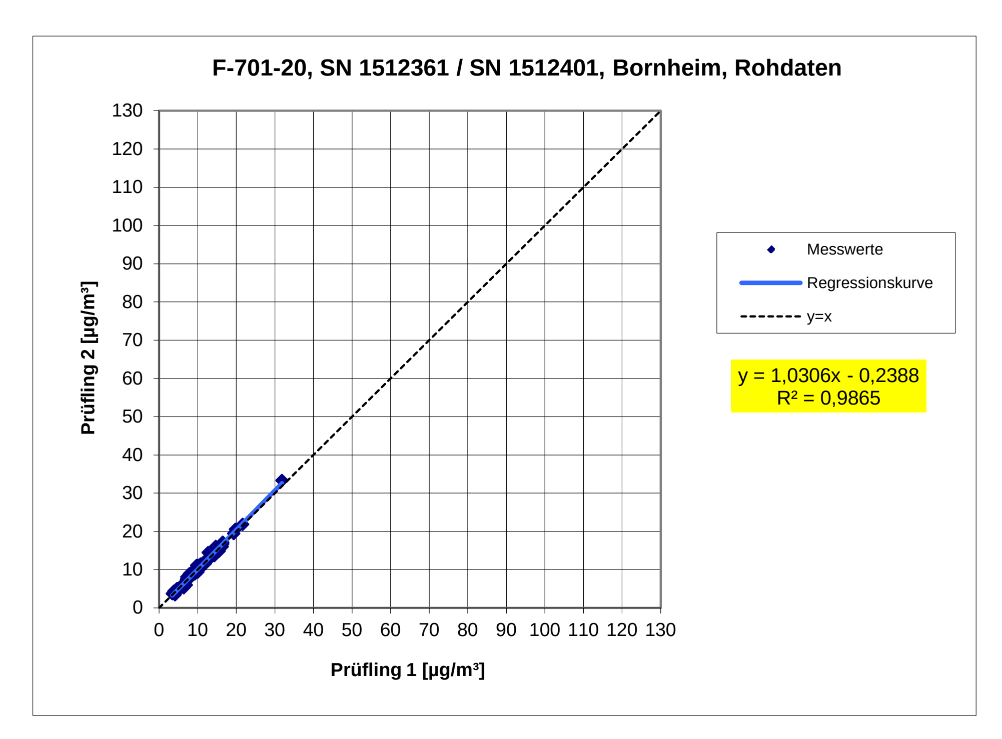


Abbildung 31: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Standort Bornheim, Sommer

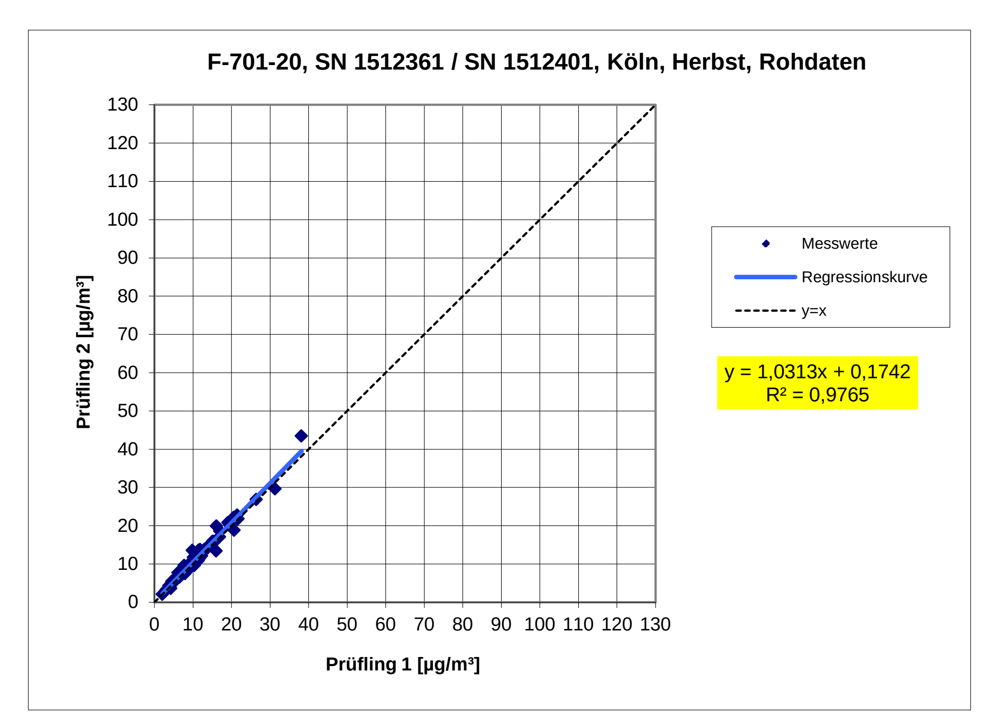


Abbildung 32: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Standort Köln, Herbst

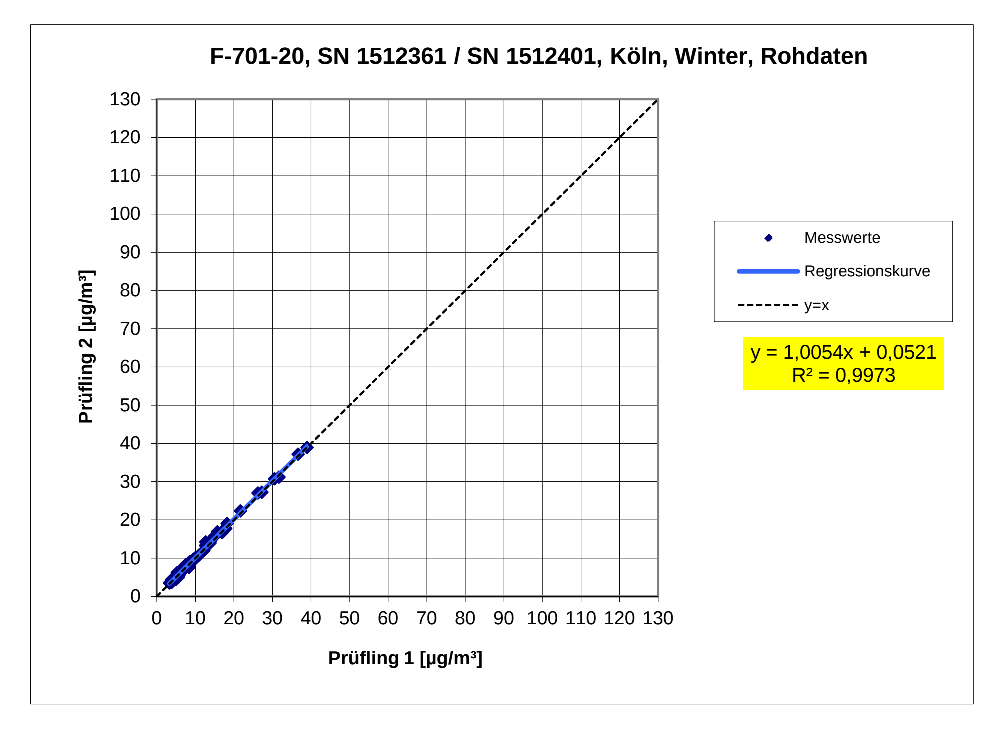


Abbildung 33: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Standort Köln, Winter

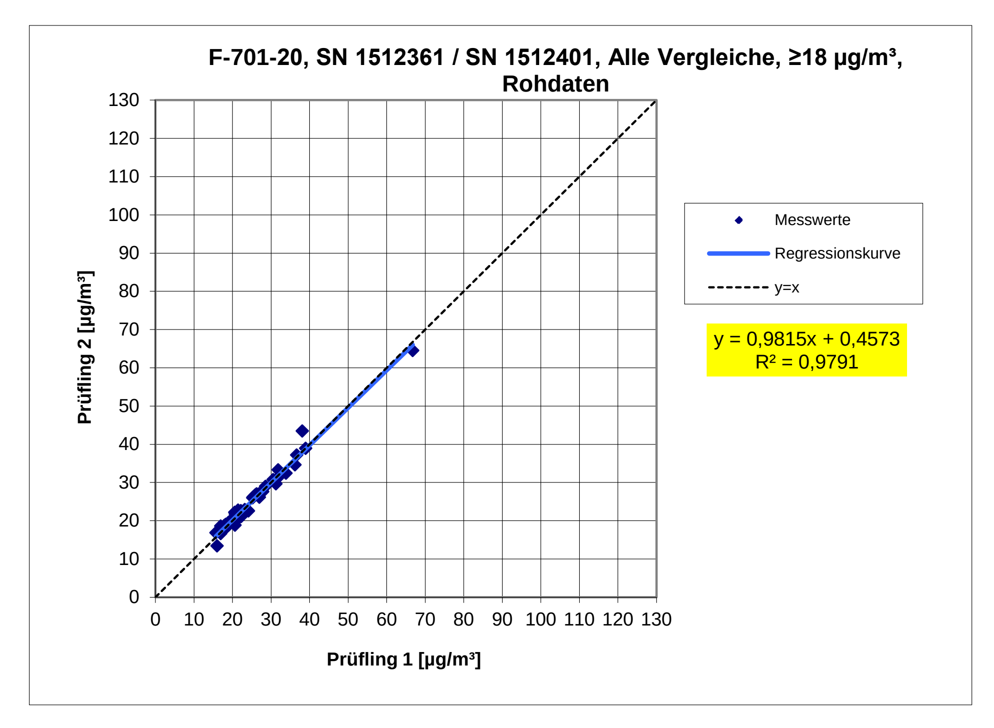


Abbildung 34: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, alle Standorte, Werte ≥ 18 µg/m³

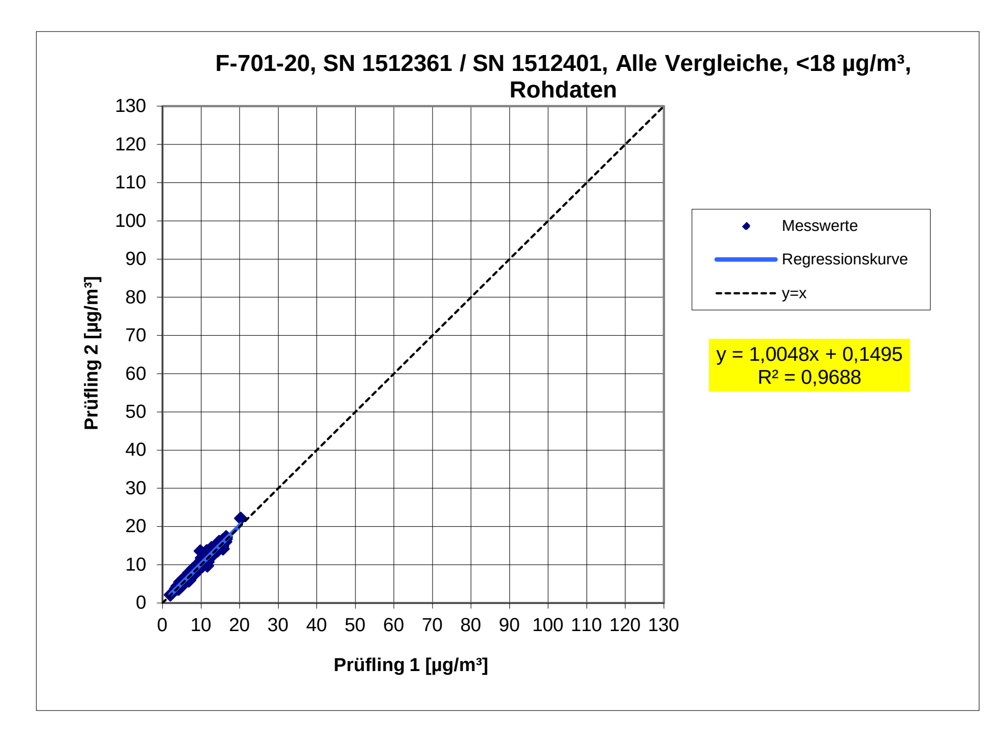


Abbildung 35: Ergebnis der Parallelmessungen mit den Testgeräten SN 1512361 / SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, alle Standorte, Werte < 18 µg/m³

6.1 5.4.10 Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge

Bei der Prüfung von $PM_{2,5}$-Messeinrichtungen ist die Gleichwertigkeit zum Referenzverfahren gemäß Kapitel 9.5.3.2 bis 9.6 des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods“ im Feldtest an mindestens vier für den späteren Einsatz repräsentativen Probenahmeorten zu nachzuweisen. Die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge ist mit den Anforderungen an die Datenqualität nach Anhang A der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) zu vergleichen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für diesen Prüfpunkt kamen zusätzlich die Geräte entsprechend Punkt 5 des vorliegenden Berichts zum Einsatz.

6.3 Durchführung der Prüfung

Die Prüfung wurde im Feldtest in vier verschiedenen Vergleichskampagnen durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Jahreszeiten sowie unterschiedlich hohe $PM_{2,5}$ Konzentrationen berücksichtigt.

Vom gesamten Datensatz müssen mindestens 20 % der mit der Referenzmethode ermittelten Konzentrationswerte größer sein als die obere Beurteilungsschwelle gemäß 2008/50/EG [7]. Für $PM_{2,5}$ liegt die obere Beurteilungsschwelle bei 17 µg/m³.

Es wurden für jede Vergleichskampagne mindestens 40 valide Wertepaare ermittelt. Vom gesamten Datensatz (4 Vergleiche, 213 valide Messwertpaare für SN 1512361, 213 valide Messwertpaare für SN 1512401) liegen insgesamt 27,2 % der Messwerte über der oberen Beurteilungsschwelle von 17 µg/m³ für $PM_{2,5}$. Die gemessenen Konzentrationen wurden auf Umgebungsbedingungen bezogen.

6.4 Auswertung

[Punkt 9.5.3.2] Der Berechnung der erweiterten Unsicherheit der Prüflinge wird die Überprüfung der Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten u_{ref} vorangestellt.

Die Unsicherheit zwischen den parallel betriebenen Referenzgeräten u_{ref} wird analog der Unsicherheit zwischen den Prüflingen bestimmt und muss ≤ 2 µg/m³ sein.

Die Ergebnisse der Auswertung sind unter 6.6 zu diesem Prüfpunkt dargestellt.

Um die Vergleichbarkeit der Prüflinge y mit dem Referenzverfahren x zu beurteilen, wird ein linearer Zusammenhang $y_i = a + bx_i$ zwischen den Messergebnissen beider Methoden angenommen. Der Zusammenhang zwischen den Mittelwerten der Referenzgeräte und den jeweils einzeln zu betrachtenden Prüflingen wird mittels orthogonaler Regression hergestellt.

Die Regression wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten $PM_{2,5}$ ≥ 18 µg/m³ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Zur weiteren Auswertung wird die Ergebnisunsicherheit u_{c_s} der Prüflinge aus dem Vergleich mit dem Referenzverfahren gemäß der folgenden Gleichung beschrieben, welche u_{CR} als eine Funktion der Feinstaubkonzentration x_i beschreibt.

$$u_{CR}^2(y_i) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [a + (b-1)x_i]^2$$

Mit RSS = Summe der (relativen) Residuen aus der orthogonalen Regression

$u(x_i)$ = zufällige Unsicherheit des Referenzverfahrens, sofern der Wert von u_{bs}, der für den Einsatz der Prüflinge berechnet wird, in diesem Test verwendet werden kann
(siehe Punkt 6.1 5.4.9 Ermittlung der Unsicherheit zwischen den Prüflingen ubs)

Algorithmen zur Berechnung des Achsabschnitts a sowie der Steigung b und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] ausführlich beschrieben.

Die Summe der (relativen) Residuen RSS wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$RSS = \sum_{i=1}^{n} (y_i - a - bx_i)^2$$

Die Unsicherheit u_{CR} wird berechnet für:

- Alle Standorte bzw. Vergleiche gemeinsam
- Jeden Standort bzw. Vergleich einzeln
- 1 Datensatz mit Messwerten $PM_{2,5}$ ≥ 18 µg/m³ (Basis: Mittelwerte Referenzmessung)

Voraussetzung für die Akzeptanz des Gesamtdatensatzes ist gemäß Leitfaden:

- Die Steigung b ist insignifikant verschieden von 1: $|b-1| \leq 2 \cdot u(b)$

und

- Der Achsabschnitt a ist insignifikant verschieden von 0: $|a| \leq 2 \cdot u(a)$

Wobei u(b) und u(a) die Standardunsicherheiten der Steigung und des Achsabschnitts beschreiben, berechnet als Wurzel der Varianz. Wenn diese Vorbedingungen nicht erfüllt sind, dann können die Prüflinge gemäß Punkt 9.7 des Leitfadens kalibriert werden (siehe auch 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen. Die Kalibrierung darf nur für den Gesamtdatensatz durchgeführt werden.

[Punkt 9.5.4] Für alle Datensätze wird die kombinierte Unsicherheit der Prüflinge $w_{c,CM}$ durch Kombination der Beiträge aus 9.5.3.1 und 9.5.3.2 gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$w_{c,CM}^2(y_i) = \frac{u_{CR}^2(y_i)}{y_i^2}$$

Für jeden Datensatz wird die Unsicherheit $w_{c,CM}$ auf einem Level von y_i = 30 µg/m³ für $PM_{2,5}$ berechnet.

[Punkt 9.5.5] Für jeden Datensatz wird die erweiterte relative Unsicherheit der Ergebnisse der Prüflinge durch Multiplizieren von $w_{c,CM}$ mit einem Erweiterungsfaktor k nach folgender Gleichung berechnet:

$$W_{CM} = k \cdot w_{CM}$$

In der Praxis wird bei großen n für k=2 eingesetzt.

[Punkt 9.6]

Die größte resultierende Unsicherheit W_{CM} wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [7] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1. $W_{CM} \leq W_{dqo}$ → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2. $W_{CM} > W_{dqo}$ → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit W_{dqo} beträgt für Feinstaub 25 % [7].

6.5 Bewertung

Die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} liegen ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W_{dqo} von 25 % für Feinstaub.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Auf Grund der Signifikanz der Steigung und des Achsabschnitts für den Gesamtdatensatz erfolgt eine Anwendung von Korrekturfaktoren gemäß Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen.

Nachfolgende Tabelle 27 zeigt einen Überblick über alle Ergebnisse der Äquivalenzprüfung für den Prüfling F-701-20 für $PM_{2,5}$. Für den Fall, dass ein Kriterium nicht erfüllt wird, ist die entsprechende Zelle mit roter Farbe hinterlegt.

Tabelle 27: Übersicht Äquivalenzprüfung F-701-20 für $PM_{2,5}$

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfling	F-701-20		SN	SN 1512361 / SN 1512401	
			Grenzwert	30	µg/m³
Status Messwerte	Rohdaten		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Vergleiche					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,58**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,61**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**213**				
Steigung b	**0,917**	signifikant			
Unsicherheit von b	**0,009**				
Achsabschnitt a	**0,587**	signifikant			
Unsicherheit von a	**0,153**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**14,64**	**%**			
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,70**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,84**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**53**				
Steigung b	**0,922**				
Unsicherheit von b	**0,025**				
Achsabschnitt a	**0,368**				
Unsicherheit von a	**0,700**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**16,33**	**%**			
Alle Vergleiche, <18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,53**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,50**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**160**				
Steigung b	**0,936**				
Unsicherheit von b	**0,022**				
Achsabschnitt a	**0,431**				
Unsicherheit von a	**0,224**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**11,82**	**%**			

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfling	F-701-20		SN	SN 1512361 / SN 1512401	
			Grenzwert	30	µg/m³
Status Messwerte	Rohdaten		erlaubte Unsicherheit	25	%
Bonn					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,62**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,62**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**51**			**51**	
Steigung b	**0,925**			**0,903**	
Unsicherheit von b	**0,018**			**0,020**	
Achsabschnitt a	**0,882**			**1,105**	
Unsicherheit von a	**0,400**			**0,457**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**11,97**	**%**		**15,11**	**%**
Bornheim					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,52**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,45**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**54**			**54**	
Steigung b	**1,020**			**1,045**	
Unsicherheit von b	**0,031**			**0,030**	
Achsabschnitt a	**-0,429**			**-0,611**	
Unsicherheit von a	**0,377**			**0,365**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**6,70**	**%**		**8,07**	**%**
Köln, Herbst					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,65**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,81**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**62**			**62**	
Steigung b	**0,922**			**0,962**	
Unsicherheit von b	**0,021**			**0,029**	
Achsabschnitt a	**0,284**			**0,315**	
Unsicherheit von a	**0,270**			**0,386**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**15,06**	**%**		**11,53**	**%**
Köln, Winter					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,49**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,33**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**46**			**46**	
Steigung b	**0,852**			**0,856**	
Unsicherheit von b	**0,010**			**0,009**	
Achsabschnitt a	**0,775**			**0,875**	
Unsicherheit von a	**0,165**			**0,155**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**24,65**	**%**		**23,12**	**%**
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,70**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,84**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**53**			**53**	
Steigung b	**0,929**			**0,920**	
Unsicherheit von b	**0,023**			**0,030**	
Achsabschnitt a	**0,195**			**0,422**	
Unsicherheit von a	**0,629**			**0,85**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**15,49**	**%**		**17,99**	**%**
Alle Vergleiche, <18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,53**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,50**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**160**			**160**	
Steigung b	**0,930**			**0,950**	
Unsicherheit von b	**0,022**			**0,023**	
Achsabschnitt a	**0,396**			**0,395**	
Unsicherheit von a	**0,233**			**0,236**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**13,31**	**%**		**10,11**	**%**
Alle Vergleiche					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,58**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,61**	**µg/m³**			
	SN 1512361			**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	**213**			**213**	
Steigung b	**0,921**	signifikant		**0,915**	signifikant
Unsicherheit von b	**0,009**			**0,010**	
Achsabschnitt a	**0,457**	signifikant		**0,689**	signifikant
Unsicherheit von a	**0,151**			**0,172**	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**14,60**	**%**		**15,02**	**%**

Die Überprüfung der fünf Kriterien aus Punkt 6.1 Methodik der Äquivalenzprüfung ergab folgendes Bild:

Kriterium 1: Mehr als 20 % der Daten sind größer als 17 µg/m³.

Kriterium 2: Die Unsicherheit zwischen den Prüflingen ist kleiner als 2,5 µg/m³.

Kriterium 3: Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten ist kleiner als 2,0 µg/m³

Kriterium 4: Alle erweiterten Unsicherheiten liegen unter 25%.

Kriterium 5: Die Steigungen und der Achsabschnitt bei der Auswertung des Gesamtdatensatzes sind für SN 1512361 und für SN 1512401 signifikant größer als erlaubt.

Weitere: Die Auswertung des Gesamtdatensatzes für beide Prüflinge gemeinsam zeigt, dass die Messeinrichtung eine sehr gute Korrelation mit der Referenzmethode aufweist mit einer Steigung von 0,917 und einem Achsabschnitt von 0,587 bei einer erweiterten Gesamtunsicherheit von 14,6 %

Die Version vom Januar 2010 des Leitfadens ist nicht eindeutig darin, welche Steigung und welcher Achsabschnitt konkret zur Korrektur eines Prüflings verwendet werden sollen, falls dieser Prüfling die Äquivalenzprüfung nicht besteht. Nach Rücksprache mit dem Vorsitzenden der für die Erstellung des Leitfadens verantwortlichen EU-Arbeitsgruppe (Herr Theo Hafkenscheid) wurde entschieden, dass die Anforderung aus der Version vom November 2005 des Leitfadens weiterhin gültig ist und dass die Steigung und der Achsabschnitt aus der orthogonalen Regression für den Gesamtdatensatz herangezogen werden. Diese sind bei der Überprüfung der fünf Kriterien zusätzlich unter dem Punkt "Weitere" aufgeführt.

Der UK Equivalence Report aus 2006 [8] hat diesen Punkt als Schwachstelle in der Statistik für den Äquivalenznachweis in der November 2005 Version des Leitfadens beschrieben, da „präzisere" Geräte dadurch benachteiligt werden (Anhang E Abschnitt 4.2). Die gleiche Schwachstelle wurde 1:1 in die Januar 2010 Version des Leitfadens übernommen. Dadurch wird die Messeinrichtung F-701-20 für $PM_{2,5}$ in der Tat durch die Statistik für ihre Präzision benachteiligt. Es wird daher vorgeschlagen, denselben pragmatischen Ansatz zu wählen, der in der Vergangenheit in früheren Studien schon zur Anwendung kam.

Gemäß der Tabelle 27 muss aufgrund der ermittelten Signifikanz eine Korrektur der Steigung und des Achsabschnitts für $PM_{2,5}$ erfolgen. Es ist an dieser Stelle zu beachten, dass die ermittelten Unsicherheiten W_{CM} für $PM_{2,5}$ auch ohne Anwendung von Korrekturfaktoren für alle betrachteten Datensätze unter der festgelegten erweiterten relativen Unsicherheit W_{dqo} von 25 % für Feinstaub liegen.

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,917. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,587. Es erfolgt daher unter Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen eine zusätzliche Auswertung unter Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren auf die Datensätze.

Die überarbeitete Fassung des Leitfadens von Januar 2010 enthält die Forderung, dass für eine richtlinienkonforme Überwachung fortlaufend stichprobenweise Überprüfungen bei einer gewissen Anzahl von Geräten in einem Messnetz durchgeführt werden müssen und dass die Anzahl der betroffenen Messorte abhängig ist von der erweiterten Messunsicherheit des Gerätes. Die entsprechende Umsetzung liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes (hier: unkorrigierte Rohdaten) hierzu herangezogen wird, nämlich 14,6 % für $PM_{2,5}$, was wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten erfordern würde (Leitfaden [4], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6). Auf Grund der notwendigen Anwendung der entsprechenden Kalibrierfaktoren, sollte diese Bewertung schlussendlich jedoch auf Basis der Auswertung der korrigierten Datensätze erfolgen (siehe Punkt 6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen).



6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 28 zeigt einen Überblick über die Unsicherheiten zwischen den Referenzgeräten u_{ref} aus den Felduntersuchungen.

Tabelle 28: Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} für $PM_{2,5}$

Referenz-Geräte	Standort	Anzahl Werte	Unsicherheit u_{bs}
Nr.			µg/m³
1 / 2	Bonn, Winter	51	0,62
1 / 2	Bornheim, Sommer	54	0,52
1 / 2	Köln, Herbst	62	0,65
1 / 2	Köln, Winter	46	0,49
1 / 2	Alle Standorte	213	0,58

Die Unsicherheit zwischen den Referenzgeräten u_{ref} ist an allen Standorten < 2 µg/m³.

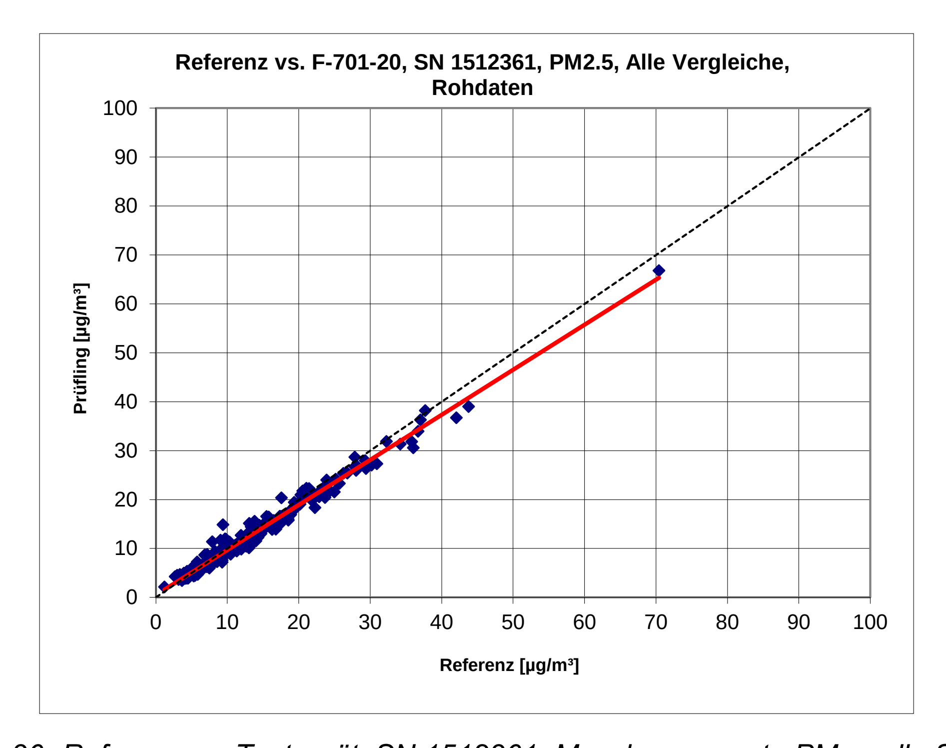


Abbildung 36: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, alle Standorte

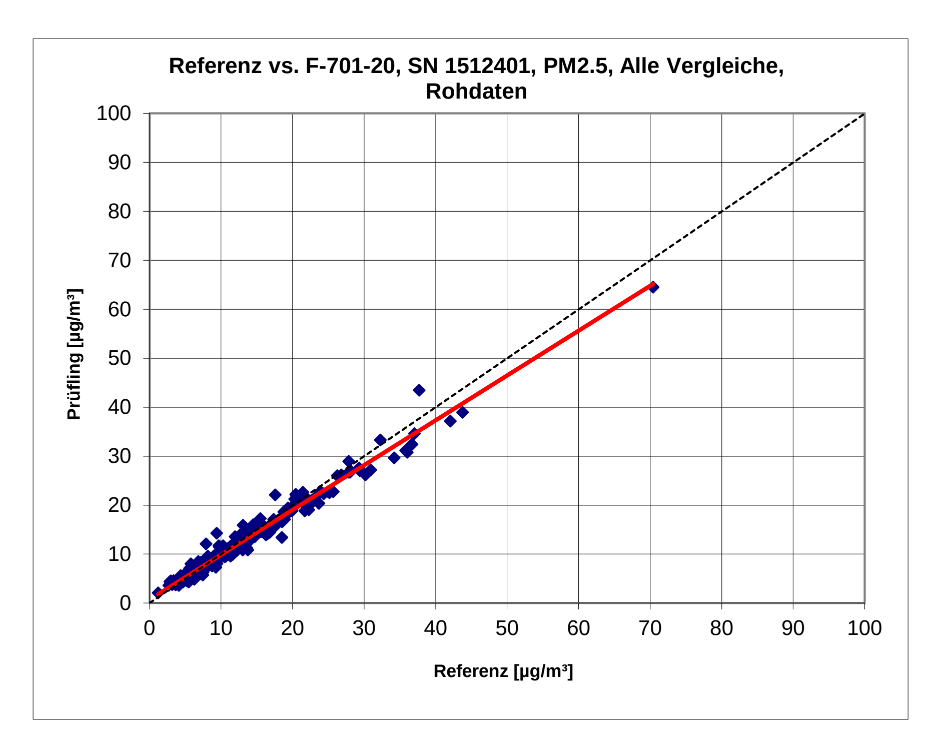


Abbildung 37: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, alle Standorte



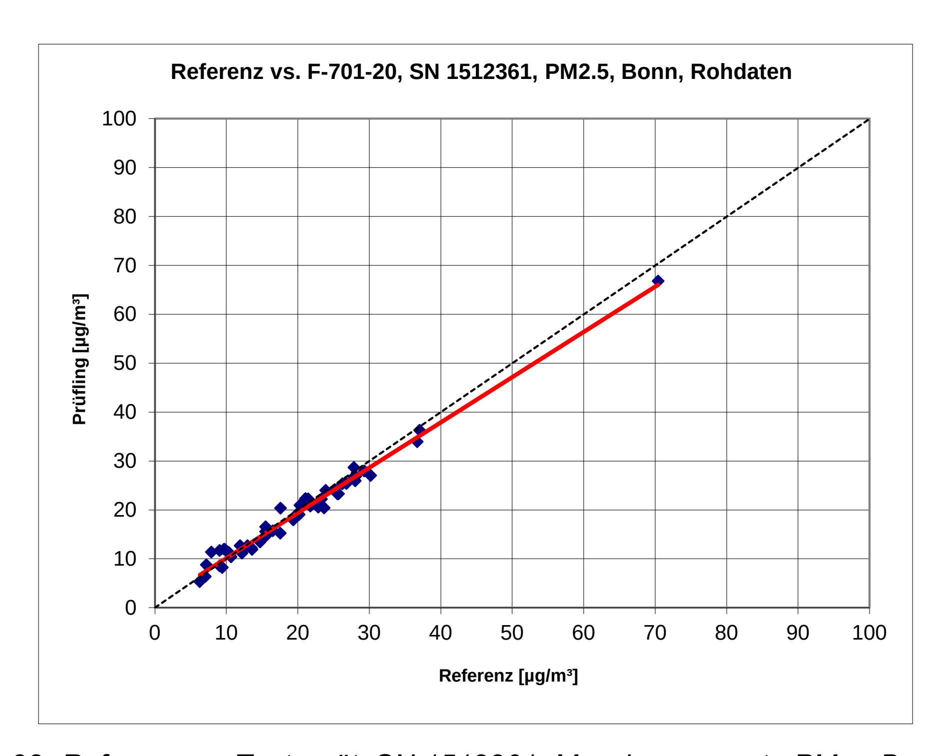


Abbildung 38: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, Bonn, Winter

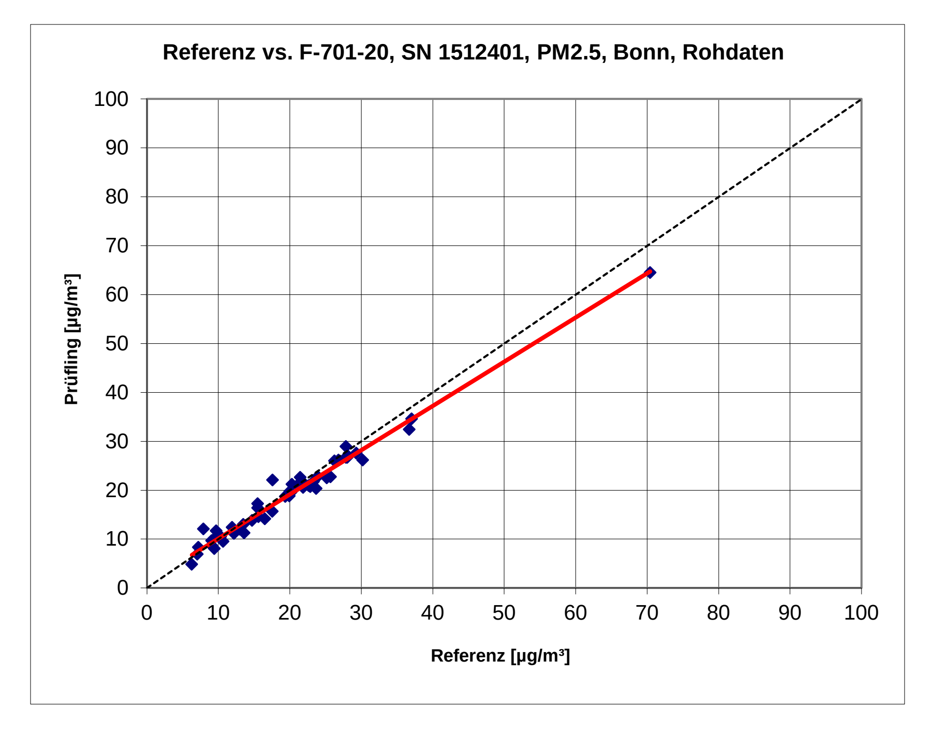


Abbildung 39: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Bonn, Winter

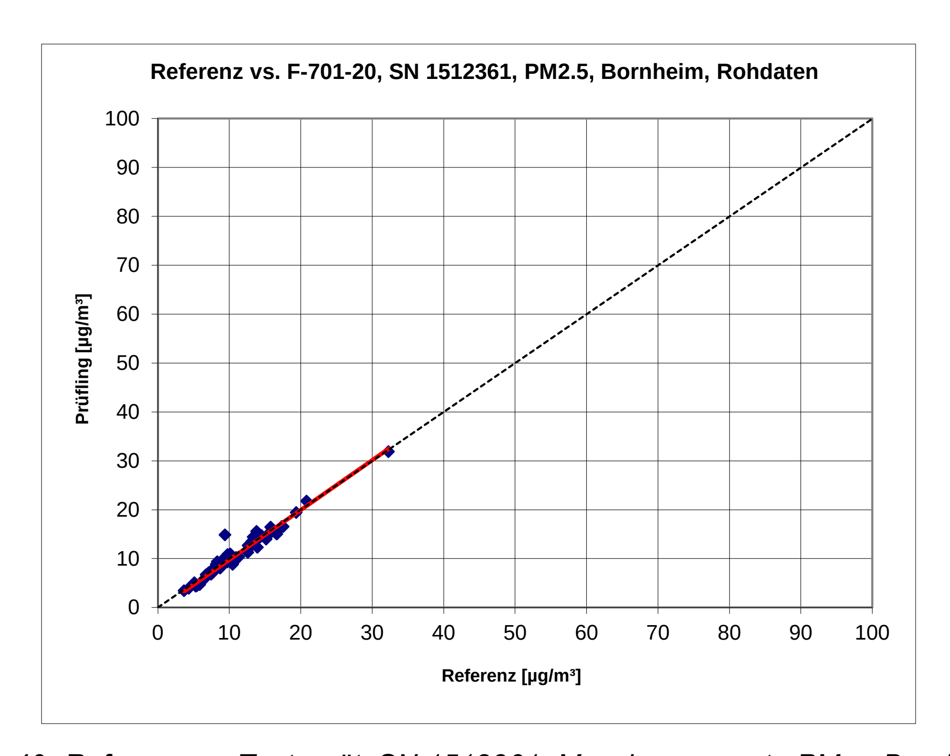


Abbildung 40: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, Bornheim, Sommer

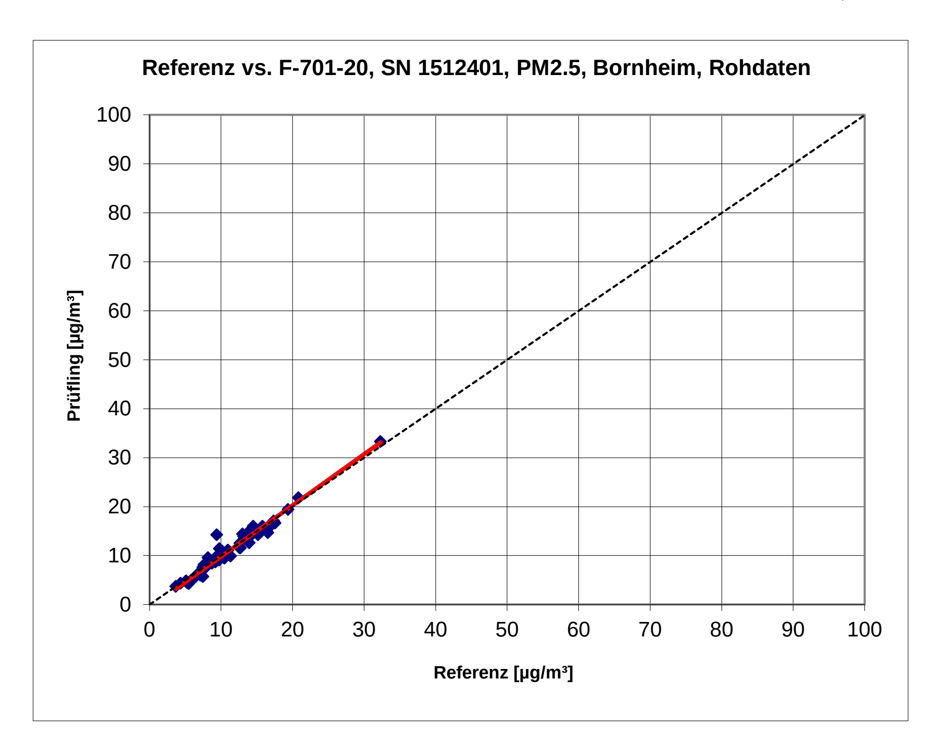


Abbildung 41: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Bornheim, Sommer



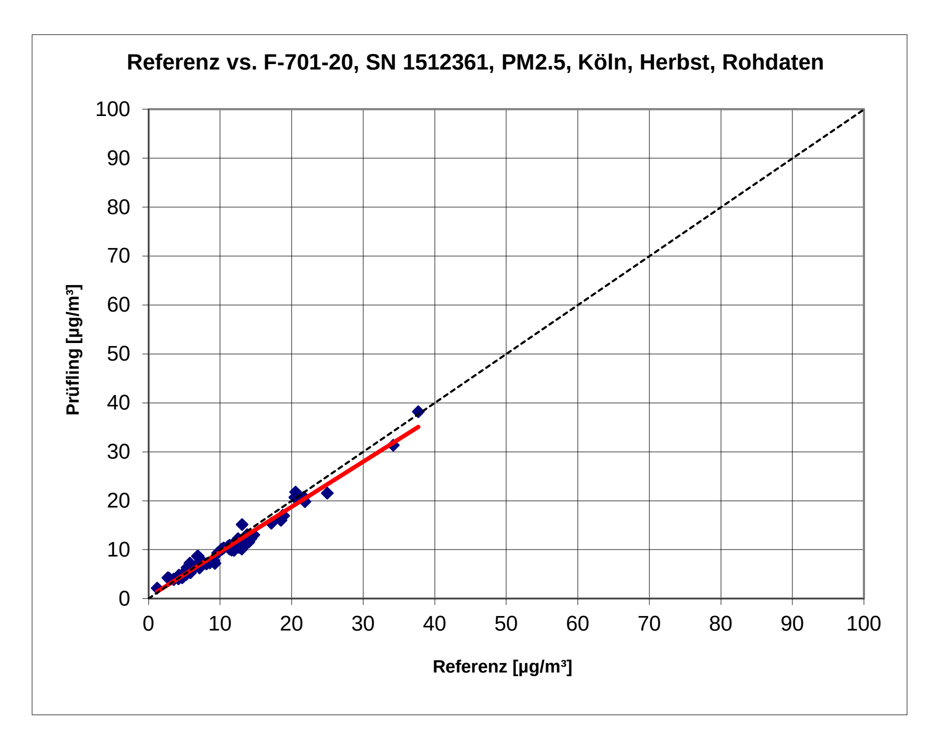


Abbildung 42: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, Köln, Herbst

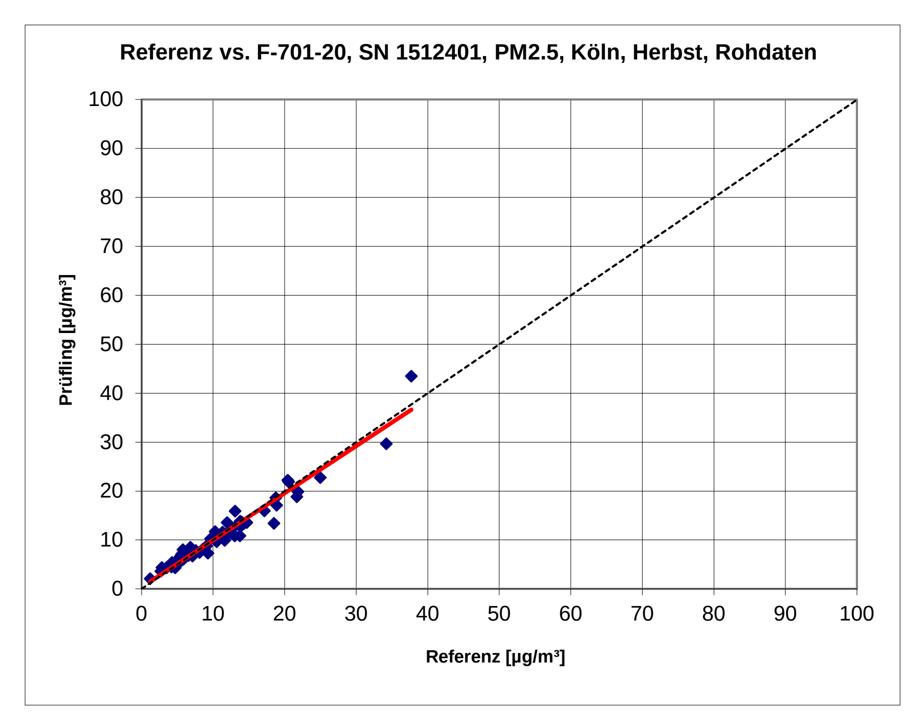


Abbildung 43: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Köln, Herbst

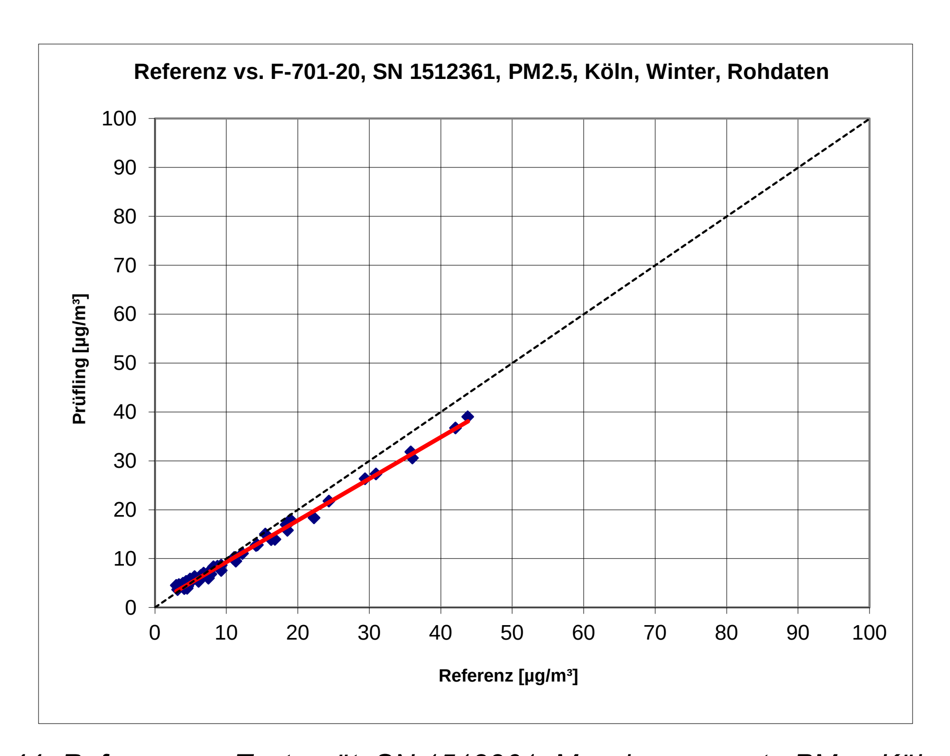


Abbildung 44: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, Köln, Winter

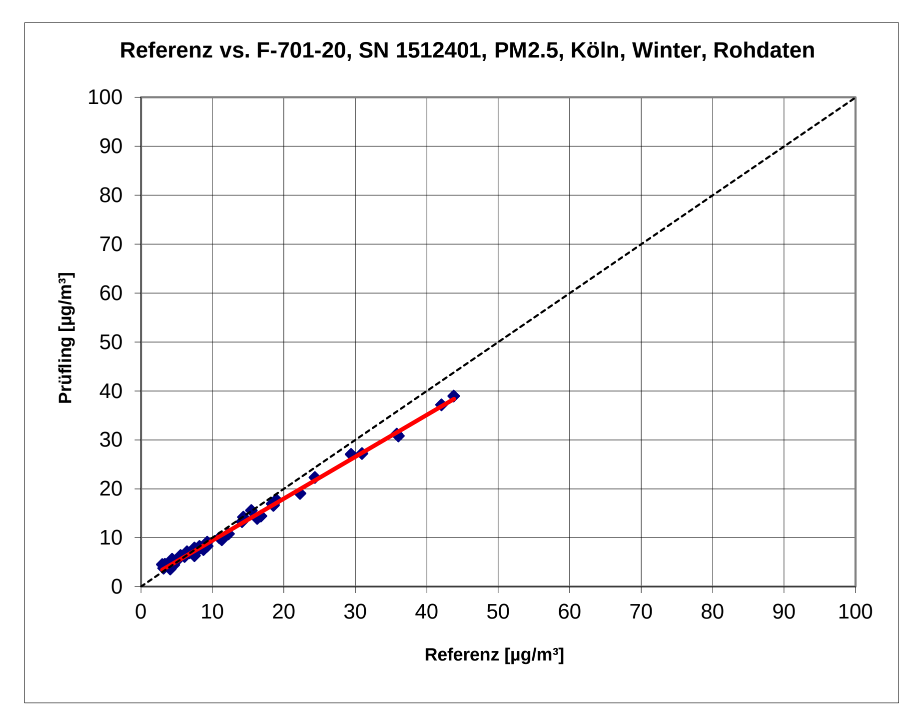


Abbildung 45: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Köln, Winter

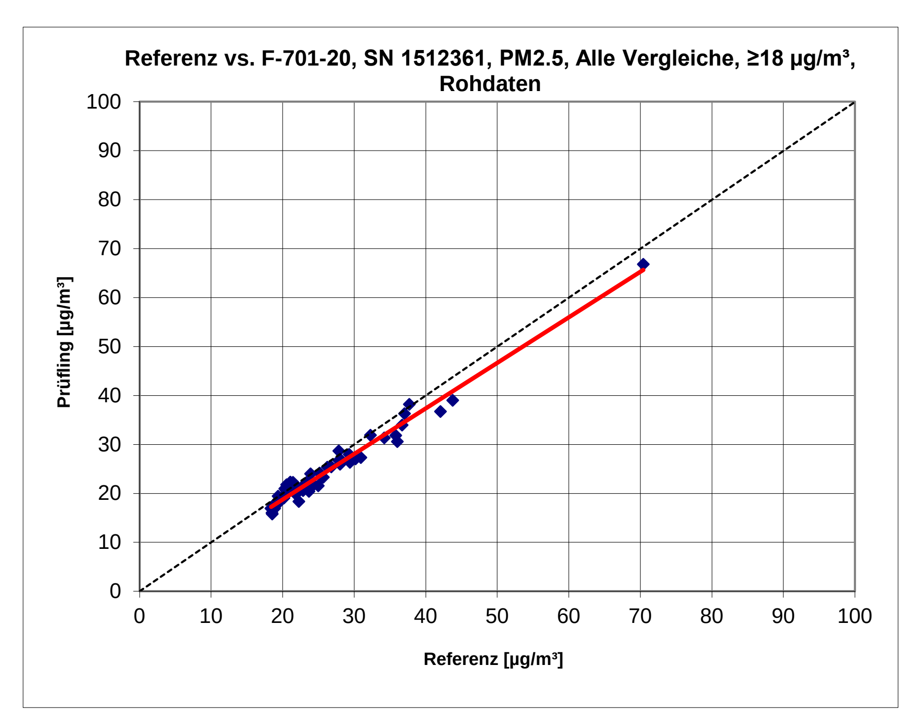


Abbildung 46: Referenz vs. Testgerät, SN 1512361, Messkomponente $PM_{2,5}$, Werte ≥ 18 µg/m³

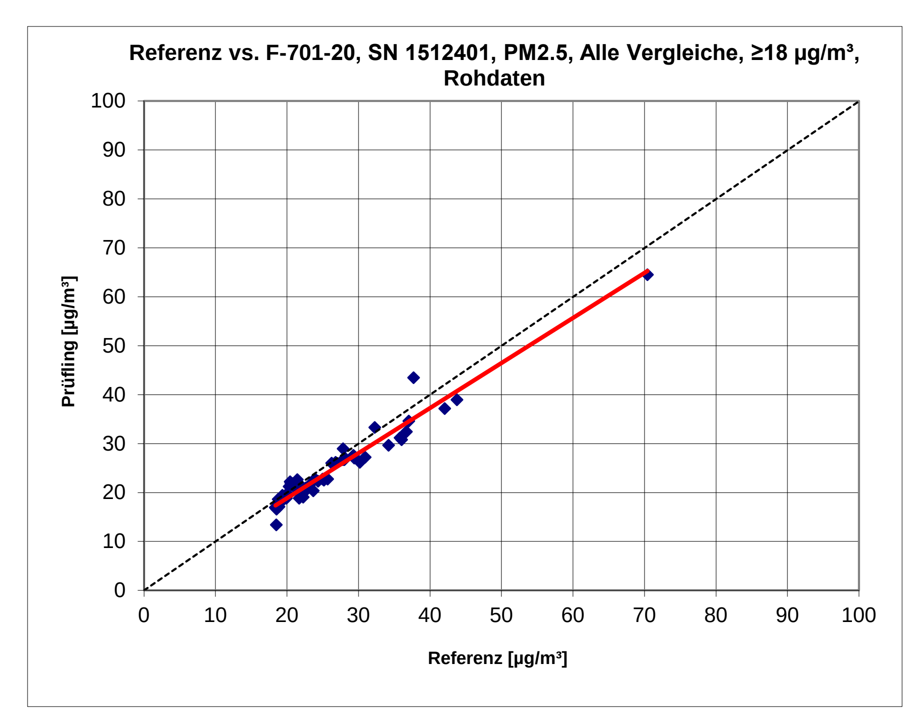


Abbildung 47: Referenz vs. Testgerät, SN 1512401, Messkomponente $PM_{2,5}$, Werte ≥ 18 µg/m³

6.1 5.4.11 Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen

Ist bei der Prüfung von $PM_{2,5}$-Messeinrichtungen die höchste errechnete erweiterte Unsicherheit der Prüflinge größer als die in den Anforderungen an die Datenqualität nach Anhang B der Richtlinie VDI 4202 Blatt 1 (September 2010) festgelegte erweiterte relative Unsicherheit, ist eine Anwendung von Korrekturfaktoren/-termen zulässig. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen gemäß den Punkten 9.5.3.2ff. des Leitfadens „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods" erfüllen.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Bei dieser Mindestanforderung nicht erforderlich.

6.3 Durchführung der Prüfung

Siehe Modul 5.4.10

6.4 Auswertung

Tritt bei der Auswertung der Rohwerte gemäß Modul 5.4.10 der Fall $W_{CM} > W_{dqo}$ auf, d.h. Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet, dann ist es zulässig, einen Korrekturfaktor oder -term anzuwenden, der aus der Regressionsgleichung für den gesamten Datensatz resultiert. Die korrigierten Werte müssen die Anforderungen für alle Datensätze oder Teildatensätze erfüllen (siehe Modul 5.4.10). Darüber hinaus kann eine Korrektur auch für den Fall, dass $W_{CM} \leq W_{dqo}$ ist, genutzt werden, um die Genauigkeit der Prüflinge zu verbessern.

Es können drei verschiedene Fälle auftreten:

a) Steigung b nicht signifikant von 1 verschieden: $|b-1| \leq 2u(b)$,
   Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden: $|a| > 2u(a)$

b) Steigung b signifikant von 1 verschieden: $|b-1| > 2u(b)$,
   Achsenabschnitt a nicht signifikant von 0 verschieden: $|a| \leq 2u(a)$

c) Steigung b signifikant von 1 verschieden: $|b-1| > 2u(b)$
   Achsenabschnitt a signifikant von 0 verschieden: $|a| > 2u(a)$

zu a)

Der Wert des Achsenabschnittes a kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte y_i gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = y_i - a$$

Die resultierenden Werte von $y_{i,corr}$ können dazu dienen, mit einer linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{c_s}^2(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + u^2(a)$$

mit u(a) = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes a, deren Wert benutzt wurde, um $y_{i,corr}$ zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 ermittelt.

zu b)

Der Wert der Steigung b kann als Korrekturterm verwendet werden, um alle Eingangswerte y_i gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i}{b}$$

Die resultierenden Werte von $y_{i,corr}$ können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u_{c_s}^2(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 u^2(b)$$

mit u(b) = Unsicherheit der Originalsteigung b, deren Wert benutzt wurde, um $y_{i,corr}$ zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 ermittelt.

zu c)

Die Werte der Steigung b und des Achsenabschnittes a können als Korrekturterme verwendet werden, um alle Eingangswerte y_i gemäß folgender Gleichung zu korrigieren.

$$y_{i,corr} = \frac{y_i - a}{b}$$

Die resultierenden Werte von $y_{i,corr}$ können dazu dienen, mit einer neuen linearen Regression die folgenden neuen Terme zu berechnen:

$$y_{i,corr} = c + dx_i$$

und

$$u^2_{c_s}(y_{i,corr}) = \frac{RSS}{(n-2)} - u^2(x_i) + [c + (d-1)x_i]^2 + x_i^2 u^2(b) + u^2(a)$$

mit u(b) = Unsicherheit der Originalsteigung b, deren Wert benutzt wurde, um $y_{i,corr}$ zu ermitteln und mit u(a) = Unsicherheit des Originalachsenabschnittes a, deren Wert benutzt wurde, um $y_{i,corr}$ zu ermitteln.

Algorithmen zur Berechnung von Achsabschnitten sowie Steigungen und ihrer Varianzen mittels orthogonaler Regression sind im Anhang B von [4] ausführlich beschrieben. RSS wird analog zur Berechnung in Modul 5.4.10 ermittelt.

Die Werte für $u_{c_s,corr}$ werden dann zur Berechnung der kombinierten relativen Unsicherheit der Prüflinge nach der Korrektur gemäß der folgenden Gleichung herangezogen:

$$w^2_{c,CM,corr}(y_i) = \frac{u^2_{c_s,corr}(y_i)}{y_i^2}$$

Für den korrigierten Datensatz wird die Unsicherheit $w_{c,CM,corr}$ am 24 h-Grenzwert berechnet, wobei y_i als Konzentration am Grenzwert eingesetzt wird.

Die erweiterte relative Unsicherheit $W_{CM,corr}$ wird entsprechend der folgenden Gleichung berechnet:

$$W_{CM´,corr} = k \cdot w_{CM,corr}$$

In der Praxis wird bei großen n für k = 2 eingesetzt.

Die größte resultierende Unsicherheit $W_{CM,corr}$ wird mit den Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen nach EU-Richtlinie [7] verglichen und bewertet. Es sind zwei Fälle möglich:

1. $W_{CM,corr} \leq W_{dqo}$ → Prüfling wird als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.
2. $W_{CM,corr} > W_{dqo}$ → Prüfling wird nicht als gleichwertig zum Referenzverfahren betrachtet.

Die festgelegte erweiterte relative Unsicherheit W_{dqo} beträgt für Feinstaub 25 % [7].

6.5 Bewertung

Die Prüflinge erfüllen während der Prüfung die Anforderungen an die Datenqualität von Immissionsmessungen schon ohne eine Anwendung von Korrekturfaktoren. Eine Korrektur der Steigung und des Achsabschnitts führt dennoch zu einer weiteren erheblichen Verbesserung der erweiterten Messunsicherheiten für den Gesamtdatensatz.

Mindestanforderung erfüllt? ja

Die Auswertung des Gesamtdatensatzes für beide Prüflinge ergibt für die Messkomponente $PM_{2,5}$ eine signifikante Steigung und einen signifikanten Achsabschnitt.

Die Steigung für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,917. Der Achsabschnitt für den Gesamtdatensatz liegt bei 0,587 (siehe Tabelle 27).

Es wurde eine Steigungs- und Achsabschnittskorrektur des gesamten Datensatzes durchgeführt und mit den korrigierten Werten alle Datensätze neu ausgewertet.

Alle Datensätze erfüllen nach der Korrektur die Anforderungen an die Datenqualität und die Messunsicherheiten verbessern sich bei einigen Standorten erheblich. Lediglich der Standort „Bornheim, Sommer“ verschlechtert sich signifikant durch die Korrektur, die erweiterte Messunsicherheit liegt aber unter den zulässigen 25 %.

Die Version des Leitfadens vom Januar 2010 verlangt für den Fall des Betriebs der Messeinrichtung in einem Messnetz, dass die Geräte jährlich an einer Anzahl von Messstellen, die wiederum abhängig ist von der höchsten erweiterten Unsicherheit in der Äquivalenzprüfung, überprüft werden. Das entsprechende Kriterium zur Festlegung der Anzahl der Messstellen ist in 5 % Schritte unterteilt (Leitfaden [4], Kapitel 9.9.2, Tabelle 6). Es bleibt festzustellen, dass die höchste ermittelte erweiterte Unsicherheit für $PM_{2,5}$ nach Korrektur im Bereich < 10 % liegt, während sie vor der Korrektur im Bereich 10 % bis 15 % lag.

Die entsprechende Umsetzung der oben genannten Anforderung zur regelmäßigen Überprüfung in den Messnetzen liegt in der Verantwortung des Messnetzbetreibers oder der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates. Allerdings empfiehlt der TÜV Rheinland, dass die erweiterte Unsicherheit des Gesamtdatensatzes des Datensatzes hierzu herangezogen wird, nämlich 14,6 % ($PM_{2,5}$, unkorrigierter Datensatz) respektive 8,5 % ($PM_{2,5}$, Datensatz nach Steigungs-/Offset-Korrektur), was wiederum eine jährliche Überprüfung an 3 Messorten (unkorrigiert) bzw. 2 Messorten (korrigiert) erfordern würde.

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse der Auswertungen der Äquivalenzprüfung nach Anwendung des Korrekturfaktors für die Steigung und den Achsabschnitt auf den Gesamtdatensatz.

Tabelle 29: Zusammenstellung der Ergebnisse der Äquivalenzprüfung, SN 1512361 & SN 1512401, nach Korrektur Steigung und Achsabschnitt

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010					
Prüfling	F-701-20		SN	SN 1512361 / SN 1512401	
			Grenzwert	30	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Offset		erlaubte Unsicherheit	25	%
Alle Vergleiche					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,58**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,67**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**213**				
Steigung b	**1,001**	**nicht signifikant**			
Unsicherheit von b	**0,010**				
Achsabschnitt a	**-0,013**	**nicht signifikant**			
Unsicherheit von a	**0,167**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**8,46**	**%**			
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,70**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,92**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**53**				
Steigung b	**1,007**				
Unsicherheit von b	**0,027**				
Achsabschnitt a	**-0,283**				
Unsicherheit von a	**0,763**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**11,12**	**%**			
Alle Vergleiche, <18 µg/m³					
Unsicherheit zwischen Referenz	**0,53**	**µg/m³**			
Unsicherheit zwischen Prüflingen	**0,54**	**µg/m³**			
	SN 1512361 / SN 1512401				
Anzahl Wertepaare	**160**				
Steigung b	**1,025**				
Unsicherheit von b	**0,024**				
Achsabschnitt a	**-0,209**				
Unsicherheit von a	**0,244**				
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	**8,36**	**%**			

Vergleich Testgerät mit Referenzgerät gemäß Leitfaden "Demonstration of Equivalence Of Ambient Air Monitoring Methods", 2010				
Prüfling	F-701-20	SN	SN 1512361 / SN 1512401	
		Grenzwert	30	µg/m³
Status Messwerte	Korrektur Steigung und Offset	erlaubte Unsicherheit	25	%
Bonn				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,62	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,67	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	51		51	
Steigung b	1,010		0,986	
Unsicherheit von b	0,019		0,022	
Achsabschnitt a	0,306		0,544	
Unsicherheit von a	0,436		0,499	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	9,79	%	10,46	%
Bornheim				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,52	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,49	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	54		54	
Steigung b	1,114		1,142	
Unsicherheit von b	0,033		0,032	
Achsabschnitt a	-1,134		-1,330	
Unsicherheit von a	0,411		0,398	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	17,07	%	20,87	%
Köln, Herbst				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,65	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,89	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	62		62	
Steigung b	1,007		1,051	
Unsicherheit von b	0,022		0,032	
Achsabschnitt a	-0,345		-0,327	
Unsicherheit von a	0,295		0,421	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	7,54	%	13,97	%
Köln, Winter				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,49	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,36	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	46		46	
Steigung b	0,929		0,934	
Unsicherheit von b	0,011		0,010	
Achsabschnitt a	0,201		0,311	
Unsicherheit von a	0,180		0,169	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	13,56	%	11,90	%
Alle Vergleiche, ≥18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,70	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,92	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	53		53	
Steigung b	1,014		1,006	
Unsicherheit von b	0,025		0,033	
Achsabschnitt a	-0,464		-0,246	
Unsicherheit von a	0,686		0,92	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	9,81	%	13,79	%
Alle Vergleiche, <18 µg/m³				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,53	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,54	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	160		160	
Steigung b	1,018		1,040	
Unsicherheit von b	0,025		0,025	
Achsabschnitt a	-0,250		-0,251	
Unsicherheit von a	0,254		0,257	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	8,15	%	10,24	%
Alle Vergleiche				
Unsicherheit zwischen Referenz	0,58	µg/m³		
Unsicherheit zwischen Prüflingen	0,67	µg/m³		
	SN 1512361		**SN 1512401**	
Anzahl Wertepaare	213		213	
Steigung b	1,005	nicht signifikant	0,999	nicht signifikant
Unsicherheit von b	0,010		0,011	
Achsabschnitt a	-0,155	nicht signifikant	0,095	nicht signifikant
Unsicherheit von a	0,165		0,187	
Erweiterte Messunsicherheit W_{CM}	8,33	%	9,64	%

6.1 5.5 Anforderungen an Mehrkomponentenmesseinrichtungen

Mehrkomponentenmesseinrichtungen müssen die Anforderungen für jede Einzelkomponente erfüllen, auch bei Simultanbetrieb aller Messkanäle.

6.2 Gerätetechnische Ausstattung

Nicht zutreffend.

6.3 Durchführung der Prüfung

Nicht zutreffend.

6.4 Auswertung

Nicht zutreffend.

6.5 Bewertung

Nicht zutreffend.

Mindestanforderung erfüllt? -

6.6 Umfassende Darstellung des Prüfergebnisses

Nicht zutreffend.



7. Empfehlungen zum Praxiseinsatz

Arbeiten im Wartungsintervall (4 Wochen)

Folgende regelmäßige Arbeiten sind an der geprüften Messeinrichtung erforderlich:

- Regelmäßige Sichtkontrolle / Telemetrische Überwachung
- Gerätestatus in Ordnung
- Keine Fehlermeldungen
- Keine Verschmutzungen
- Überprüfung der Gerätefunktionen nach Anweisung des Herstellers
- Kontrolle des Filterbandvorrates
- Wartung des Probenahmekopfes gemäß Herstellerangaben

Im Übrigen sind die Anweisungen des Herstellers zu beachten.

Weitergehende Wartungsarbeiten

Über die regelmäßigen Wartungsarbeiten im Wartungsintervall hinausgehend sind folgende Tätigkeiten durchzuführen:

- Kontrolle des Filterbandvorrates –
  Ein Filterband mit 45 m Länge reicht bei einer Zykluszeit von 1 h und einer Belegzahl von 24 (Einstellung in Eignungsprüfung) dabei theoretisch für 30.000 Messzyklen entsprechend 1250 Tagen aus. Da je nach Schwebstaubkonzentrationslevel in der Praxis auf Grund einer möglichen Überschreitung der maximal pro Filterfleck zulässigen Masse von 400 µg ein neuer Filterfleck früher als bis zum Erreichen einer 24fachen Belegung angefahren werden muss, reduziert sich die Zeit, in der die Filterbandrolle verbraucht wird entsprechend.
  Bei einer Zykluszeit von 1 h und einer minimalen Belegzeit von 1 (d.h. für jeden Zyklus wird ein neuer Filterfleck verwendet) ergeben sich 1.250 Messzyklen entsprechend 52 Tagen. Es empfiehlt sich daher, den Vorrat des Filterbandes bei jedem Besuch der Messeinrichtung zur regelmäßigen Wartung zu überprüfen (z.B. im Rahmen der Säuberung des Probenahmekopfes).
- Gemäß Hersteller soll die Pumpe nach einem Jahr Laufzeit ca. alle 6 Wochen gewartet werden, d.h. es sind die Filter auszublasen und die Lamellenhöhe zu kontrollieren und ggf. die Lamellen zu wechseln
- Eine Überprüfung der Sensoren für Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Durchflussrate sollte gemäß DIN CEN/TS 16450 [9] alle 3 Monate erfolgen.
- Eine Überprüfung der Dichtigkeit sollte im Rahmen der Überprüfung der Durchflussrate ebenfalls alle 3 Monate erfolgen.
- Der Filterhalter, die Transportrolle und die Andruckrollen sind alle 6 Monate zu säubern.

- Die Abluftfilter und die Schlauchverbindungen sind alle 6 Monate zu prüfen und ggf. auszublasen.
- Der Pumpenfilter und die Dichtung soll einmal jährlich getauscht werden.
- Einmal im Jahr ist der Meteorologiesensor zur Rekalibrierung an den Gerätehersteller einzuschicken. Darüber hinaus wird eine Überprüfung der radiometrischen Messung mit Hilfe der Referenzfolie einmal im Jahr empfohlen.
- Während einer jährlichen Grundwartung ist auch auf die Reinigung des Probenahmerohres zu achten.

Weitere Einzelheiten können der Bedienungsanleitung entnommen werden.

Immissionsschutz/Luftreinhaltung

Dipl.-Ing. Karsten Pletscher

Dipl.-Ing. Guido Baum

Köln, 17. März 2014
936/21220478/A

8. Literaturverzeichnis

[1] VDI-Richtlinie 4202, Blatt 1, „Mindestanforderungen an automatische Immissionsmesseinrichtungen bei der Eignungsprüfung – Punktmessverfahren für gas- und partikelförmige Luftverunreinigungen“, Juni 2002 & September 2010

[2] VDI-Richtlinie 4203, Blatt 3, „Prüfpläne für automatische Messeinrichtungen - Prüfprozeduren für Messeinrichtungen zur punktförmigen Messung von gas- und partikelförmigen Immissionen“, August 2004 & September 2010

[3] Europäische Norm EN 14907, „Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der $PM_{2,5}$-Massenfraktion des Schwebstaubs“, Deutsche Fassung EN 14907: 2005

[4] Leitfaden „Demonstration of Equivalence of Ambient Air Monitoring Methods”, Englische Fassung vom Januar 2010

[5] Bedienungshandbuch F-701-20 Rev. 04 von 03 / 2014

[6] Bedienungshandbuch LVS3, Stand 2000

[7] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa

[8] Bericht „UK Equivalence Programme for Monitoring of Particulate Matter“, Berichts-Nr.: BV/AQ/AD202209/DH/2396 vom 05.06.2006

[9] Technische Spezifikation DIN CEN/TS 16450, “Außenluft – Automatische Messeinrichtungen zur Bestimmung der Staubkonzentration (PM_{10}; $PM_{2,5}$)”, Deutsche Fassung vom August 2013

9. Anlagen



Anlage 1 **Nachweisgrenze** **Blatt 1 von 1**

Hersteller: DURAG GmbH

Gerätetyp: F-701-20

Standards: NP — Messwerte mit Nullfilter

Serien-Nr.: SN 1512401 / SN 1512361

Nr.	Datum	Messwerte [µg/m³] SN 1512401	Datum	Messwerte [µg/m³] SN 1512361
1	20.12.12	0,4	20.12.12	0,3
2	21.12.12	0,6	21.12.12	0,1
3	22.12.12	0,3	22.12.12	0,7
4	23.12.12	0,1	23.12.12	0,0
5	24.12.12	0,3	24.12.12	0,8
6	25.12.12	0,7	25.12.12	-0,4
7	26.12.12	-0,3	26.12.12	0,5
8	27.12.12	0,0	27.12.12	0,7
9	28.12.12	0,9	28.12.12	-0,1
10	29.12.12	0,1	29.12.12	0,4
11	30.12.12	0,0	30.12.12	0,2
12	31.12.12	0,2	31.12.12	0,6
13	01.01.13	0,5	01.01.13	0,5
14	02.01.13	0,5	02.01.13	0,0
19	03.01.13	0,0	03.01.13	0,6
	Anzahl Werte	15	Anzahl Werte	15
	Mittelwert	0,28	Mittelwert	0,34
	Standardabweichung s_{x0}	0,31	Standardabweichung s_{x0}	0,35
	Nachweisgrenze X	**0,66**	Nachweisgrenze X	**0,75**

$$s_{xo} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1}\right) \cdot \sum_{i=1,n} (x_{0i} - \overline{x_0})^2}$$

Anlage 2 **Umgebungstemperaturabhängigkeit am Nullpunkt** **Blatt 1 von 1**

Hersteller: DURAG GmbH

Gerätetyp: F-701-20

Serien-Nr.: SN 1512361 / SN 1512401

Standards: Nullfilter

			Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3	
SN 1512361	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
NP	1	20	1,0	-	0,5	-	0,7	-
	2	5	1,2	0,2	0,8	0,3	0,4	-0,3
	3	20	1,4	0,5	0,4	-0,1	0,7	0,0
	4	40	0,0	-0,9	-0,5	-1,0	-0,4	-1,1
	5	20	0,7	-0,3	0,5	0,1	0,1	-0,7
SN 1512401	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]	Messwert [µg/m³]	Abw. [µg/m³]
NP	1	20	0,5	-	0,1	-	0,3	-
	2	5	-0,1	-0,6	-0,2	-0,3	0,0	-0,2
	3	20	-0,2	-0,6	0,7	0,6	0,4	0,1
	4	40	-0,5	-1,0	-0,4	-0,5	0,2	0,0
	5	20	0,2	-0,2	0,4	0,4	0,2	0,0



Anlage 3 — Umgebungstemperaturabhängigkeit am Referenzpunkt — Blatt 1 von 1

Hersteller: DURAG GmbH

Gerätetyp: F-701-20

Serien-Nr.: SN 1512361 / SN 1512401

Standards: Referenzfolie

			Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3	
SN 1512361	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg]	Abw. [%]	Messwert [µg]	Abw. [%]	Messwert [µg]	Abw. [%]
RP	1	20	294,0	-	289,0	-	290,0	-
	2	5	292,0	-0,7	292,0	1,0	283,0	-2,4
	3	20	292,0	-0,7	292,0	1,0	298,0	2,8
	4	40	288,0	-2,0	285,0	-1,4	280,0	-3,4
	5	20	284,0	-3,4	284,0	-1,7	285,0	-1,7
SN 1512401	Nr.	Temperatur [°C]	Messwert [µg]	Abw. [%]	Messwert [µg]	Abw. [%]	Messwert [µg]	Abw. [%]
RP	1	20	277,0	-	272,0	-	274,0	-
	2	5	267,0	-3,6	270,0	-0,7	273,0	-0,4
	3	20	262,0	-5,4	275,0	1,1	265,0	-3,3
	4	40	261,0	-5,8	263,0	-3,3	274,0	0,0
	5	20	267,0	-3,6	268,0	-1,5	271,0	-1,1

Anlage 4 **Netzspannungsabhängigkeit am Referenzpunkt** **Blatt 1 von 1**

Hersteller	DURAG GmbH							
Gerätetyp	F-701-20			Standards		Referenzfolie		
Serien-Nr.	SN 1512361 / SN 1512401							
			Durchgang 1		Durchgang 2		Durchgang 3	
SN 1512361	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]
	1	230	294,0	-	284,0	-	295,0	-
	2	210	288,0	-2,0	286,0	0,7	293,0	-0,7
RP	3	230	294,0	0,0	289,0	1,8	287,0	-2,7
	4	245	284,0	-3,4	283,0	-0,4	294,0	-0,3
	5	230	292,0	-0,7	289,0	1,8	282,0	-4,4
SN 1512401	Nr.	Netzspannung [V]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]	Messwert	Abw. [%]
	1	230	270,0	-	279,0	-	273,0	-
	2	210	272,0	0,7	269,0	-3,6	279,0	2,2
RP	3	230	261,0	-3,3	279,0	0,0	279,0	2,2
	4	245	283,0	4,8	271,0	-2,9	265,0	-2,9
	5	230	283,0	4,8	267,0	-4,3	266,0	-2,6



Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 1 von 10**

Hersteller: DURAG
Gerätetyp: F701-20
Serien-Nr.: SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM2,5 [µg/m³]	SN 1512401 PM2,5 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
1	28.02.2013								Nullpunkt	Bonn, Winter
2	01.03.2013	24,9	23,0	36,3	36,7	65,6	24,0	22,8		
3	02.03.2013						27,7	27,8		
4	03.03.2013	22,1	23,2	29,3	29,8	76,6	21,2	20,9		
5	04.03.2013	19,6	20,5	28,2	28,7	70,2	19,3	19,7		
6	05.03.2013	28,4	27,7	40,2	39,9	70,1	26,0	26,7		
7	06.03.2013	25,8	24,5	39,3	39,7	63,8	24,2	22,5		
8	07.03.2013	28,0	28,3	39,5	39,5	71,2	26,9	27,0		
9	08.03.2013	28,8	27,0	35,4	34,8	79,5	28,6	28,9		
10	09.03.2013						12,0	11,5		
11	10.03.2013	21,8	22,0	23,1	22,3	96,5	21,6	20,6		
12	11.03.2013	27,6	28,1	31,2	30,3	90,6	26,7	26,7		
13	12.03.2013	15,6	15,6	17,8	17,7	87,9	14,8	14,5		
14	13.03.2013	36,7	36,7	50,8	50,0	72,9	33,9	32,4		
15	14.03.2013	19,6	19,2	27,5	27,6	70,3	18,0	18,7		
16	15.03.2013	22,0	21,5	31,7	31,7	68,7	20,8	21,7		
17	16.03.2013						14,4	15,7		
18	17.03.2013	7,0	7,4	11,0	10,5	67,2	8,8	8,3		
19	18.03.2013	7,7	8,2	17,4	17,2	45,9	11,4	12,0		
20	19.03.2013	9,5	9,9	17,1	16,8	57,5	11,9	11,7		
21	20.03.2013	21,3	20,9	25,2	24,5	84,7	22,3	21,1		
22	21.03.2013	37,5	36,6	46,3	45,9	80,5	36,2	34,6		
23	22.03.2013	21,4	21,6	26,0	26,3	82,2	22,2	22,6		
24	23.03.2013						23,4	22,5		
25	24.03.2013	15,1	15,9	19,7	18,8	80,6	16,5	17,2		
26	25.03.2013	20,1	20,6	26,0	25,6	78,9	20,9	21,2		
27	26.03.2013	15,7	15,3	21,1	20,4	74,7	15,6	16,4		
28	27.03.2013	26,6	25,9	33,3	32,8	79,5	25,3	26,0		
29	28.03.2013						42,9	42,0		
30	29.03.2013	71,1	69,8	76,5	76,3	92,2	66,8	64,5		

Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 2 von 10**

Hersteller DURAG
Gerätetyp F701-20
Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
31	30.03.2013								Nullpunkt	Bonn, Winter
32	31.03.2013								Nullpunkt	
33	01.04.2013								Nullpunkt	
34	02.04.2013	20,2	20,2	24,7	25,2	81,0	19,0	19,5		
35	03.04.2013	27,2	26,5	31,4	30,8	86,3	25,4	26,2		
36	04.04.2013	29,5	29,1	33,5	33,2	88,0	27,9	27,6		
37	05.04.2013	25,8	25,4	30,8	30,0	84,1	23,2	22,9		
38	06.04.2013						21,3	22,1		
39	07.04.2013	23,0	22,8	30,9	30,2	74,9	20,6	20,7		
40	08.04.2013	26,3	25,1	31,7	31,7	81,0	23,3	22,7		
41	09.04.2013	16,5	16,5	21,6	21,0	77,4	15,7	14,1		
42	10.04.2013	12,2	12,2	17,9	17,8	68,4	11,1	11,1		
43	11.04.2013	9,4	8,8	15,9	15,7	57,4	8,5	8,7		
44	12.04.2013	6,2	6,3	10,4	10,4	60,4	5,3	4,8		
45	13.04.2013						6,5	6,6		
46	14.04.2013	7,2	6,9	11,9	11,1	61,4	6,4	6,9		
47	15.04.2013	18,5	16,8	31,2	30,2	57,3	20,3	22,1		
48	16.04.2013	12,7	11,2	21,1	20,7	57,2	12,7	12,4		
49	17.04.2013	9,9	9,8	19,5	19,7	50,2	11,8	10,7		
50	18.04.2013	9,4	8,7	21,4	21,5	42,2	11,7	9,7		
51	19.04.2013	10,3	10,3	21,0	20,8	49,4	11,3	10,5		
52	20.04.2013						10,6	11,5		
53	21.04.2013	24,4	23,0	36,7	37,6	63,8	20,4	20,3		
54	22.04.2013	31,0	29,4	44,7	43,9	68,3	27,0	26,1		
55	23.04.2013	11,0	10,4	18,2	18,8	57,6	10,4	9,5		
56	24.04.2013	14,3	12,7	24,2	24,4	55,6	12,2	13,0		
57	25.04.2013	13,8	12,1	23,3	23,6	55,3	12,6	12,0		
58	26.04.2013								Nullpunkt	
59	27.04.2013								Nullpunkt	
60	28.04.2013								Nullpunkt	



Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 3 von 10**

Hersteller DURAG

Gerätetyp F701-20

Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
61	29.04.2013	14,3	12,9	20,6	21,4	64,9	11,9	11,2		Bonn, Winter
62	30.04.2013						14,1	15,0		
63	01.05.2013	16,9	18,2	21,4	22,2	80,7	15,2	15,6		
64	02.05.2013						14,5	15,8		
65	03.05.2013	23,2	23,4	33,7	34,4	68,5	22,2	21,7		
66	04.05.2013	20,2	19,7	30,1	30,6	65,7	19,1	18,8		
67	05.05.2013	9,6	9,3	14,0	14,8	65,4	8,2	8,0		
68	06.05.2013	14,5	15,0	23,3	22,9	63,9	13,4	13,8		
69	14.05.2013								Nullpunkt	Bornheim, Sommer
70	15.05.2013								Nullpunkt	
71	16.05.2013	21,0	20,7	24,5	24,7	84,6	21,7	21,8		
72	17.05.2013	16,1	15,5	18,3	19,4	83,8	16,4	16,0		
73	18.05.2013						8,8	9,3		
74	19.05.2013						19,9	20,5		
75	20.05.2013	11,3	10,3	13,9	14,7	75,2	9,5	10,2		
76	21.05.2013		5,4	8,3	8,8		5,1	4,9	Stromausfall Ref. PM2,5 G#1	
77	22.05.2013						6,4	5,2		
78	23.05.2013						5,3	4,8		
79	24.05.2013			10,1	10,7		6,6	6,1	Stromausfall Ref. PM2,5	
80	25.05.2013						10,4	10,8		
81	26.05.2013		6,6	12,9	13,4		7,2	7,0	Stromausfall Ref. PM2,5 G#2	
82	27.05.2013	11,7	11,0	16,9	17,6	65,7	10,3	9,9		
83	28.05.2013	8,7	7,7	12,8	12,2	65,8	7,9	8,9		
84	29.05.2013						4,2	3,4		
85	30.05.2013						9,8	11,0		
86	31.05.2013						16,4	16,9		
87	01.06.2013						13,3	13,0		
88	02.06.2013	5,3	5,0	10,8	10,7	47,7	5,0	4,8		
89	03.06.2013	8,0	7,0	14,5	14,5	51,5	7,2	7,6		
90	04.06.2013	9,5	9,5	18,2	18,4	51,9	10,1	9,3		

Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 4 von 10**

Hersteller DURAG
Gerätetyp F701-20
Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
91	05.06.2013	9,1	9,3	17,2	18,8	51,2	8,9	8,7		Bornheim, Sommer
92	06.06.2013	10,8	10,2	17,0	17,5	60,8	8,8	9,4		
93	07.06.2013	17,0	16,1	28,6	29,9	56,6	15,1	14,7		
94	08.06.2013						15,0	15,7		
95	09.06.2013	14,0	13,6	20,1	21,3	66,9	15,6	14,8		
96	10.06.2013	16,1	15,4	26,1	27,1	59,1	15,4	15,0		
97	11.06.2013	13,0	12,2	20,8	20,7	60,7	11,3	11,6		
98	12.06.2013	7,1	6,4	14,6	14,0	47,4	6,7	6,3		
99	13.06.2013	5,6	5,4	13,4	12,7	42,1	4,4	4,3		
100	14.06.2013	5,0	5,7	10,8	10,8	49,3	4,3	4,4		
101	15.06.2013	5,1	5,3	10,6	10,2	50,0	4,5	4,6		
102	16.06.2013	7,3	7,6	16,7	16,6	44,8	6,8	5,7		
103	17.06.2013	12,2	13,3	21,3	20,9	60,3	12,0	11,6		
104	18.06.2013	17,8	17,3	28,6	29,1	60,9	16,5	16,7		
105	19.06.2013	31,9	32,7	48,7	48,5	66,5	31,9	33,3		
106	20.06.2013	8,7	10,1	15,5	14,9	62,1	14,9	14,2		
107	21.06.2013	4,2	4,5	7,2	6,8	62,2	3,9	4,3		
108	22.06.2013	3,3	4,1	5,7	5,9	63,8			Nullpunkt	
109	23.06.2013	3,1	3,0	4,6	5,5	59,8			Nullpunkt	
110	24.06.2013	8,7	8,0	13,9	13,2	61,6	9,3	8,8		
111	25.06.2013	6,3	6,6	12,9	12,7	50,4	5,7	5,6		
112	26.06.2013	9,1	9,4	14,6	14,5	63,4	10,0	9,6		
113	27.06.2013	9,8	9,6	14,2	13,8	69,5	9,3	9,0		
114	28.06.2013	8,8	8,7	14,2	14,7	60,4	8,0	8,4		
115	29.06.2013	6,0	5,8	11,7	11,5	50,8	4,7	5,0		
116	30.06.2013	7,4	6,9	14,6	14,4	49,3	7,1	6,0		
117	01.07.2013	7,7	7,6	13,4	13,2	57,5	7,2	8,1		
118	02.07.2013	7,9	7,9	12,5	12,0	64,9	8,1	7,9		
119	03.07.2013	3,6	3,8	9,0	9,9	39,1	3,4	3,7		
120	04.07.2013	7,5	7,9	13,5	13,6	56,8	7,1	7,3		



Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 5 von 10**

Hersteller DURAG

Gerätetyp F701-20

Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
121	05.07.2013	12,9	13,1	20,9	19,9	63,8	12,7	14,4		Bornheim, Sommer
122	06.07.2013	13,3	13,1	18,7	18,5	71,0	13,5	13,9		
123	07.07.2013	11,3	10,7	14,9	14,4	75,0	10,1	11,1		
124	08.07.2013	11,3	10,6	16,3	16,1	67,7	10,2	11,1		
125	09.07.2013	14,2	14,5	24,9	22,6	60,5	14,4	14,4		
126	10.07.2013	9,7	10,2	19,1	17,5	54,6	9,6	9,9		
127	11.07.2013	13,6	14,3	26,6	24,9	54,1	12,3	12,6		
128	12.07.2013	16,5	16,8			53,6	15,0	15,7	Ausreisser Ref. PM10	
129	13.07.2013	15,3	15,3	20,4	20,7	74,5	14,5	15,1		
130	14.07.2013	14,5	14,5	22,2	21,5	66,5	14,7	16,0		
131	15.07.2013	17,4	17,4	26,2	25,6	67,1	16,6	17,1		
132	16.07.2013	20,4	18,4	30,2	28,9	65,5	19,4	19,4		
133	17.07.2013	13,6	13,2	18,7	18,0	72,9	14,4	13,8		
134	18.07.2013	11,3	9,0	17,0	17,3	59,2	10,9	10,9		
135	19.07.2013	9,0	7,3	16,3	14,8	52,7	8,8	9,6		
136	20.07.2013	10,1	9,5	17,3	16,0	58,7	10,8	11,4		
137	21.07.2013	12,9	12,3	18,0	17,7	70,7	12,7	12,5		
138	22.07.2013	15,5	14,8	23,2	22,0	67,2	13,9	14,2		
139	23.07.2013	14,1	13,6	25,4	24,5	55,3	14,4	13,6		
140	24.07.2013	20,3	20,0	31,5	30,3	65,2			Audits	
141	25.07.2013	11,1	12,1	21,3	20,3	55,7			Wechsel auf Nullfilter	
142	04.09.2013								Nullpunkt	Köln, Herbst
143	05.09.2013								verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
144	06.09.2013	19,7	19,9	31,6	29,9	64,4			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
145	07.09.2013								verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
146	08.09.2013	10,9	12,5	15,0	14,9	78,3			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
147	09.09.2013	3,6	3,8	6,7	6,7	55,6			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
148	10.09.2013	3,9	4,9	9,1	7,4	53,2			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
149	11.09.2013	7,8	8,0	12,3	11,7	65,7			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	
150	12.09.2013	10,3	10,6	17,6	15,9	62,5			verworfen, fehlerhafte Durchflusskal.	

Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 6 von 10**

Hersteller DURAG

Gerätetyp F701-20

Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
151	13.09.2013	6,3	5,3	9,0	7,7	69,4	7,2	8,0		Köln, Herbst
152	14.09.2013						3,1	3,3		
153	15.09.2013	4,4	5,5	9,5	7,9	56,8	4,6	5,5		
154	16.09.2013	6,0	4,5	9,8	9,8	53,9	4,9	5,3		
155	17.09.2013	4,3	4,2	7,5	6,4	61,7	4,8	5,4		
156	18.09.2013	8,8	9,4	13,9	13,1	67,3	7,8	8,7		
157	19.09.2013	5,8	5,5	10,3	10,5	54,2	6,4	7,1		
158	20.09.2013	8,2	6,9	15,2	14,8	50,5	7,5	7,8		
159	21.09.2013						11,9	13,8		
160	22.09.2013	13,1	13,1	18,9	17,1	72,8	15,1	15,8		
161	23.09.2013	14,2	13,9	20,0	18,5	72,8	11,5	13,6		
162	24.09.2013	19,6	21,3	27,5	26,3	76,1	20,6	22,2		
163	25.09.2013	36,5	38,9	49,6	48,6	76,8	38,2	43,5		
164	26.09.2013	11,1	12,8	19,1	18,9	62,9	9,8	13,6		
165	27.09.2013	6,0	7,2	11,7	11,7	56,4	6,6	6,8		
166	28.09.2013						8,2	8,5		
167	29.09.2013	7,3	8,9	11,7	11,6	69,7	7,0	7,4		
168	30.09.2013	11,9	13,2	18,5	17,9	69,0	12,2	12,1		
169	01.10.2013	11,2	12,1	16,2	16,6	70,9	9,9	9,9		
170	02.10.2013	10,6	11,6	17,1	16,4	66,3	10,6	10,7		
171	03.10.2013						7,8	9,6		
172	04.10.2013	13,1	14,5	18,3	18,4	75,3	13,0	13,8		
173	05.10.2013						16,1	19,9		
174	06.10.2013	9,9	11,1	14,1	14,6	73,2	10,3	9,6		
175	07.10.2013	9,9	10,6	15,7	15,1	66,4	10,0	10,0		
176	08.10.2013	19,9	21,2	28,9	28,8	71,3	21,7	21,8		
177	09.10.2013	7,1	6,8	12,6	11,7	57,3	6,8	7,8		
178	10.10.2013	8,4	8,8	12,6	12,4	68,8	7,3	8,1		
179	11.10.2013						7,9	8,2		
180	12.10.2013						13,4	13,7		



Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 7 von 10**

Hersteller DURAG
Gerätetyp F701-20
Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
181	13.10.2013	5,0	5,6	7,7	8,2	66,8	5,5	5,7		Köln, Herbst
182	14.10.2013	5,0	4,6	8,3	7,8	59,5	5,0	5,4		
183	15.10.2013								Wartung SN 1512401	
184	16.10.2013								Nullpunkt	
185	17.10.2013	9,5	11,1	25,4	25,4	40,6	10,1	11,7		
186	18.10.2013						8,9	9,3		
187	19.10.2013						9,3	9,5		
188	20.10.2013	3,8	3,3	8,3	8,1	43,1	4,0	4,3		
189	21.10.2013	5,4	5,3	13,7	13,6	39,4	6,3	6,5		
190	22.10.2013	6,8	7,1	15,5	15,2	45,2	8,6	8,3		
191	23.10.2013	5,5	6,1	11,3	11,9	50,1	6,5	6,6		
192	24.10.2013	6,9	6,9	14,9	15,4	45,2	8,6	8,5		
193	25.10.2013						6,9	7,0		
194	26.10.2013						4,9	5,2		
195	27.10.2013	3,0	2,7	6,9	7,2	40,3	4,2	4,4		
196	28.10.2013	3,0	2,4	7,1	7,4	37,3	4,2	3,6		
197	29.10.2013	4,1	4,3	7,9	8,6	51,2	4,0	4,4		
198	30.10.2013	9,6	9,8	17,0	16,6	57,5	9,3	10,2		
199	31.10.2013						8,1	8,0		
200	01.11.2013						6,3	6,7		
201	02.11.2013						3,7	3,9		
202	03.11.2013	1,9	0,5	3,9	4,6	28,6	2,1	2,1		
203	04.11.2013	5,5	4,4	10,5	11,0	46,2	5,1	5,8		
204	05.11.2013	5,8	5,1	12,8	12,3	43,6	6,3	6,6		
205	06.11.2013	3,7	3,4	8,0	9,2	41,0	3,8	4,3		
206	07.11.2013	5,8	6,0	9,8	10,3	58,6	5,3	6,1		
207	08.11.2013								Nullpunkt	
208	09.11.2013								Nullpunkt	
209	10.11.2013								Nullpunkt	
210	11.11.2013	13,2	13,8	21,5	21,4	63,0	12,5	13,2		

Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 8 von 10**

Hersteller DURAG
Gerätetyp F701-20
Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
211	12.11.2013	11,3	11,3	18,1	18,7	61,6	10,9	11,6		Köln, Herbst
212	13.11.2013	17,3	17,1	28,2	29,1	59,9	15,4	15,9		
213	14.11.2013	18,8	19,0	24,0	25,1	76,9	16,9	17,1		
214	15.11.2013						21,6	21,7		
215	16.11.2013						26,4	26,9		
216	17.11.2013	21,8	21,9	24,9	26,0	86,0	19,8	19,9		
217	18.11.2013	13,8	14,1	18,6	19,1	74,0	12,2	12,9		
218	19.11.2013	13,7	13,8	19,4	19,8	70,4	11,4	10,8		
219	20.11.2013	8,3	8,0	12,7	12,5	64,7	7,1	7,4		
220	21.11.2013	12,7	13,4	15,8	16,3	81,4	10,1	10,8		
221	22.11.2013						15,6	15,7		
222	23.11.2013						13,8	14,5		
223	24.11.2013	12,3	12,1	18,1	18,6	66,6	11,7	11,3		
224	25.11.2013	13,0	12,4	18,3	18,9	68,2	10,4	11,3		
225	26.11.2013	33,8	34,7	42,4	41,8	81,3	31,3	29,6		
226	27.11.2013	24,5	25,5	32,3	32,6	77,2	21,5	22,7		
227	28.11.2013	14,1	15,3	23,1	22,9	64,0	13,0	13,5		
228	29.11.2013						8,0	7,5		
229	30.11.2013						14,9	15,2		
230	01.12.2013	18,3	19,3	30,0	29,9	62,7	17,0	18,6		
231	02.12.2013	10,7	12,0	21,7	21,4	52,7	10,1	10,6		
232	03.12.2013						19,1	20,8		
233	04.12.2013	21,2	22,3	32,4	31,7	67,8	20,7	18,8		
234	05.12.2013	4,3	5,2	9,2	9,0	52,1	4,2	4,3		
235	06.12.2013						6,2	7,7		
236	07.12.2013						10,5	10,1		
237	08.12.2013	6,7	7,6	10,2	10,7	68,2	6,2	6,7		
238	09.12.2013	13,9	14,8	22,3	22,5	63,9	12,2	13,3		
239	10.12.2013	18,1	19,0	22,2	22,3	83,3	16,0	13,4		
240	11.12.2013	8,7	9,9	9,9	10,6	90,7	7,2	7,3		



Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 9 von 10**

Hersteller DURAG

Gerätetyp F701-20

Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
241	13.01.2014	12,9	13,6	18,2	18,9	71,5			Nullpunkt	Köln, Winter
242	14.01.2014	10,8	11,2	15,5	15,0	72,3	10,0	10,0		
243	15.01.2014	5,5	5,7	8,0	8,7	66,9	6,3	6,4		
244	16.01.2014	3,1	3,6	6,4	7,1	50,0	4,7	4,6		
245	17.01.2014	4,6	5,2	8,9	8,6	56,0	5,3	5,3		
246	18.01.2014						9,5	9,4		
247	19.01.2014	14,5	14,2	16,8	17,3	84,2	12,8	14,2		
248	20.01.2014	15,6	15,3	18,9	19,9	79,7	15,0	15,6		
249	21.01.2014	24,2	24,6	30,8	31,1	78,7	21,7	22,3		
250	22.01.2014	18,4	18,8	23,0	23,5	80,0	17,0	16,6		
251	23.01.2014	10,9	11,4	15,2	16,3	70,9	10,2	10,0		
252	24.01.2014	18,7	19,3	28,1	28,9	66,6	17,9	17,7		
253	25.01.2014						9,4	9,1		
254	26.01.2014	4,4	4,4	11,4	12,0	37,8	5,3	5,6		
255	27.01.2014	2,9	3,5	6,7	7,1	46,7	3,6	3,7		
256	28.01.2014	6,3	6,7	10,9	10,6	60,4	6,6	7,1		
257	29.01.2014	16,0	16,6	19,2	19,7	83,8	13,9	13,9		
258	30.01.2014	35,7	36,0	41,6	42,3	85,4	31,8	31,2		
259	31.01.2014	29,8	29,0	35,0	34,9	84,1	26,3	27,0		
260	01.02.2014						5,6	4,9		
261	02.02.2014	8,6	7,9	18,1	17,5	46,3	8,3	8,2		
262	03.02.2014	18,7	18,0	22,0	21,5	84,5	16,9	16,9		
263	04.02.2014						12,2	12,0		
264	05.02.2014	4,4	3,4	8,0	8,2	48,6	5,0	4,4		
265	06.02.2014	2,9	3,1	9,8	9,1	32,0	4,5	4,5		
266	07.02.2014								Nullpunkt	
267	08.02.2014								Nullpunkt	
268	09.02.2014								Nullpunkt	
269	10.02.2014	9,8	8,8	12,9	13,1	71,4	8,6	9,1		
270	11.02.2014	4,5	3,8	9,6	8,0	47,6	3,9	3,9		

Anlage 5 **Messwerte aus den Feldteststandorten, bezogen auf Umgebungsbedingungen** **Blatt 10 von 10**

Hersteller DURAG
Gerätetyp F701-20
Serien-Nr. SN 1512361 / SN 1512401

Schwebstaub PM2,5
Messwerte in µg/m³ i.B.

Nr.	Datum	Ref. 1 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 2 PM2,5 [µg/m³]	Ref. 1 PM10 [µg/m³]	Ref 2. PM10 [µg/m³]	Ratio PM2,5/PM10 [%]	SN 1512361 PM10 [µg/m³]	SN 1512401 PM10 [µg/m³]	Bemerkung	Standort
271	12.02.2014	4,5	3,8	8,2	7,9	51,3	3,9	3,6		Köln, Winter
272	13.02.2014	4,8	4,3	10,3	10,0	44,8	3,9	4,4		
273	14.02.2014	0,0	0,0				3,3	3,5		
274	15.02.2014	0,0	0,0				3,7	3,6		
275	16.02.2014	5,2	4,9	8,8	9,2	56,2	5,2	5,3		
276	17.02.2014	8,0	7,0	12,7	12,5	59,7	7,2	7,9		
277	18.02.2014	14,5	13,8	19,8	19,6	71,7	12,7	13,3		
278	19.02.2014	9,6	8,9	13,2	8,9	83,8	8,5	8,3		
279	20.02.2014	4,3	4,4	6,6	6,2	67,5	5,2	4,9		
280	21.02.2014	4,8	5,0	7,8	7,8	63,2	5,8	5,4		
281	22.02.2014	4,2	5,0	4,7	5,4	90,9	4,3	4,4		
282	23.02.2014	5,6	6,6	7,1	7,0	87,0	5,3	6,2		
283	24.02.2014	9,3	9,3	13,7	12,7	70,6	7,5	8,2		
284	25.02.2014	9,0	8,6	12,8	12,1	70,5	8,4	7,5		
285	26.02.2014	11,3	11,3	19,4	17,3	61,7	9,4	9,6		
286	27.02.2014	7,5	8,2	12,0	10,4	70,3	6,8	7,2		
287	28.02.2014	7,7	7,3	10,3	9,9	74,3	6,0	6,3		
288	01.03.2014	12,1	12,4	14,7	14,7	83,5	11,0	10,7		
289	02.03.2014	16,8	16,9	18,3	19,6	88,6	13,9	14,4		
290	03.03.2014	6,8	6,9	9,9	11,8	63,0	7,0	6,9		
291	04.03.2014	19,5	17,6	25,6	24,3	74,4	15,7	16,9		
292	05.03.2014	30,8	31,2	43,5	43,7	71,0	27,3	27,2		
293	06.03.2014	36,5	35,6	44,2	43,5	82,2	30,6	30,7		
294	07.03.2014	43,6	44,0	56,7	55,5	78,0	39,0	38,9		
295	08.03.2014	42,8	41,4	49,7	50,0	84,4	36,7	37,1		
296	09.03.2014	23,2	21,4	28,1	27,2	80,7	18,3	19,0		



Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 1 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
1	28.02.2013	Bonn, Winter	4,1	1017	71,8	1,2	250	0,0
2	01.03.2013		3,5	1016	72,0	1,7	249	0,0
3	02.03.2013		3,0	1015	67,4	1,2	238	0,0
4	03.03.2013		3,1	1014	72,8	0,5	196	0,0
5	04.03.2013		6,6	1007	57,8	1,4	140	0,0
6	05.03.2013		8,5	999	56,5	1,2	136	0,0
7	06.03.2013		11,5	993	48,5	0,4	143	0,0
8	07.03.2013		12,3	990	67,5	0,5	144	2,1
9	08.03.2013		13,7	990	72,1	1,4	138	1,5
10	09.03.2013		10,6	991	72,2	1,2	178	3,6
11	10.03.2013		1,6	993	81,8	3,6	273	2,4
12	11.03.2013		-1,4	996	78,7	1,9	241	0,0
13	12.03.2013		-3,4	995	83,9	2,0	276	0,0
14	13.03.2013		-1,2	999	72,8	1,1	224	0,3
15	14.03.2013		-1,3	1004	75,3	1,1	209	2,1
16	15.03.2013		2,3	1006	58,8	1,0	132	2,1
17	16.03.2013		5,3	998	49,0	3,4	131	0,0
18	17.03.2013		4,7	988	78,3	2,2	131	0,9
19	18.03.2013		6,6	985	60,3	0,7	131	0,0
20	19.03.2013		5,8	991	74,5	0,6	157	1,2
21	20.03.2013		2,6	999	85,8	1,9	240	13,2
22	21.03.2013		0,6	1010	78,8	1,0	229	0,3
23	22.03.2013		2,9	1006	63,4	3,2	146	0,0
24	23.03.2013		1,1	1005	56,8	4,2	146	0,0
25	24.03.2013		1,0	1005	42,8	3,3	153	0,0
26	25.03.2013		0,9	1004	49,0	2,6	153	0,0
27	26.03.2013		1,6	1003	44,1	2,3	168	0,0
28	27.03.2013		2,6	1001	49,5	2,0	148	0,0
29	28.03.2013		3,0	999	58,9	1,2	243	0,0
30	29.03.2013		0,4	999	77,8	1,1	271	1,5





Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 2 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
31	30.03.2013	Bonn, Winter	1,8	1000	68,9	1,3	271	0,0
32	31.03.2013		1,7	1003	68,2	1,1	269	0,0
34	01.04.2013		3,2	1001	52,9	1,5	190	0,0
34	02.04.2013		3,6	1003	52,2	1,8	201	0,0
35	03.04.2013		3,0	1005	58,0	1,8	158	0,0
36	04.04.2013		4,4	1001	60,5	1,8	166	0,0
37	05.04.2013		3,8	1003	67,8	1,6	267	0,0
38	06.04.2013		3,6	1012	73,9	1,7	221	0,3
39	07.04.2013		6,4	1008	51,4	0,7	174	0,0
40	08.04.2013		7,0	996	63,9	1,4	130	0,9
41	09.04.2013		8,3	992	78,0	1,2	133	1,8
42	10.04.2013		9,7	996	77,3	1,4	154	6,0
43	11.04.2013		13,0	991	69,6	1,3	169	6,0
44	12.04.2013		12,2	997	69,0	1,1	154	4,4
45	13.04.2013		13,9	1011	56,8	1,4	152	0,6
46	14.04.2013		18,3	1011	57,0	1,5	136	0,0
47	15.04.2013		17,5	1011	67,0	1,5	214	2,7
48	16.04.2013		18,4	1011	54,4	0,9	149	0,0
49	17.04.2013		18,7	1009	54,3	0,6	141	0,0
50	18.04.2013		15,6	1009	46,2	3,1	210	0,0
51	19.04.2013		11,4	1017	57,7	3,5	260	0,0
52	20.04.2013		10,3	1018	51,5	3,3	274	0,0
53	21.04.2013		11,1	1009	57,4	1,1	253	0,0
54	22.04.2013		13,2	1009	46,5	1,4	217	0,0
55	23.04.2013		13,7	1014	63,6	1,7	187	0,0
56	24.04.2013		17,9	1016	56,5	1,0	167	0,0
57	25.04.2013		20,0	1010	51,5	0,4	146	0,0
58	26.04.2013		11,9	1000	77,3	2,2	230	9,9
59	27.04.2013		7,8	1003	70,3	3,2	293	0,0
60	28.04.2013		9,2	1007	68,3	0,7	169	0,0



Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 3 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
61	29.04.2013	Bonn, Winter	12,0	1010	56,1	1,9	209	0,0
62	30.04.2013		11,8	1014	57,9	1,0	214	0,0
63	01.05.2013		14,6	1011	62,8	0,9	173	0,3
64	02.05.2013		16,5	1009	60,4	1,1	200	0,0
65	03.05.2013		16,0	1007	60,0	1,5	253	0,0
66	04.05.2013		15,7	1011	54,5	2,4	238	0,0
67	05.05.2013		16,4	1013	55,9	1,3	190	0,0
68	06.05.2013		19,8	1008	50,0	0,6	192	0,0
69	14.05.2013	Bornheim, Sommer	keine Wetterdaten vorhanden					
70	15.05.2013							
71	16.05.2013		12,6	989	85,5	0,7	263	8,6
72	17.05.2013		10,0	995	89,1	0,8	265	2,4
73	18.05.2013		12,0	1000	77,7	0,4	216	0,0
74	19.05.2013		16,7	998	66,5	2,7	273	7,4
75	20.05.2013		11,9	1000	83,1	0,3	175	6,2
76	21.05.2013		12,9	1001	78,8	1,8	239	13,1
77	22.05.2013		8,8	1004	82,4	2,4	258	7,4
78	23.05.2013		6,4	1000	81,9	1,8	255	2,4
79	24.05.2013		8,3	1003	69,9	0,7	192	0,9
80	25.05.2013		10,5	1005	70,9	2,8	270	3,0
81	26.05.2013		9,8	1002	79,9	3,2	271	5,7
82	27.05.2013		14,0	1000	61,4	1,6	244	0,0
83	28.05.2013		17,2	993	60,4	2,0	179	1,2
84	29.05.2013		9,7	995	88,4	0,6	207	15,0
85	30.05.2013		13,5	999	69,6	1,7	237	2,4
86	31.05.2013		16,1	1001	73,0	4,7	299	0,9
87	01.06.2013		11,9	1009	79,4	4,4	290	0,3
88	02.06.2013		13,3	1016	57,6	4,0	288	0,0
89	03.06.2013		12,9	1017	61,6	3,6	269	0,0
90	04.06.2013		15,6	1012	64,5	1,7	237	0,0

Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 4 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
91	05.06.2013	Bornheim, Sommer	19,9	1009	54,2	0,6	197	0,0
92	06.06.2013		20,9	1010	52,6	0,8	168	0,0
93	07.06.2013		21,7	1010	55,5	1,0	211	0,0
94	08.06.2013		21,1	1005	62,3	2,1	243	0,0
95	09.06.2013		15,6	1001	78,7	1,8	273	4,5
96	10.06.2013		14,4	1005	75,9	1,2	253	0,6
97	11.06.2013		18,8	1008	61,5	0,6	198	0,0
98	12.06.2013		21,1	1008	67,1	1,0	181	0,0
99	13.06.2013		17,0	1007	77,9	1,3	209	22,5
100	14.06.2013		16,1	1009	65,4	0,6	181	0,0
101	15.06.2013		17,2	1005	63,1	1,4	209	0,0
102	16.06.2013		17,7	1007	63,9	0,7	226	0,0
103	17.06.2013		23,3	1004	64,7	0,9	185	0,0
104	18.06.2013		27,2	1005	61,3	0,4	178	0,0
105	19.06.2013		26,9	1003	67,8	1,9	244	0,0
106	20.06.2013		20,5	1003	78,5	1,0	187	34,6
107	21.06.2013		19,0	1005	69,8	1,6	196	0,3
108	22.06.2013		19,0	1004	67,8	1,8	198	1,5
109	23.06.2013		16,2	1005	69,9	1,6	216	0,9
110	24.06.2013		14,2	1013	76,9	1,8	255	1,5
111	25.06.2013		13,4	1018	71,1	1,8	259	0,3
112	26.06.2013		13,9	1018	70,9	1,1	250	9,8
113	27.06.2013		13,2	1014	78,5	0,7	230	3,9
114	28.06.2013		14,1	1010	86,1	0,3	174	16,4
115	29.06.2013		14,8	1012	73,9	2,6	269	1,8
116	30.06.2013		17,7	1012	66,4	0,6	198	0,0
117	01.07.2013		18,8	1008	74,9	0,7	215	21,0
118	02.07.2013		21,6	1003	62,7	0,6	183	0,3
119	03.07.2013		17,5	1004	85,6	0,2	213	16,0
120	04.07.2013		20,0	1014	71,1	0,9	232	0,0



Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 5 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
121	05.07.2013	Bornheim, Sommer	19,8	1020	74,4	0,3	222	0,0
122	06.07.2013		22,4	1020	65,4	1,0	191	0,0
123	07.07.2013		23,1	1020	58,8	1,2	218	0,0
124	08.07.2013		23,0	1019	59,6	1,4	214	0,0
125	09.07.2013		23,4	1014	59,4	1,4	237	0,0
126	10.07.2013		19,5	1012	62,6	3,5	261	0,0
127	11.07.2013		15,7	1013	70,1	1,7	215	0,0
128	12.07.2013		16,5	1013	70,8	1,2	250	0,0
129	13.07.2013		17,7	1014	68,3	1,1	241	0,0
130	14.07.2013		18,9	1014	69,1	1,7	249	0,0
131	15.07.2013		21,3	1013	62,9	0,8	188	0,0
132	16.07.2013		22,5	1013	58,8	0,8	184	0,0
134	17.07.2013		23,2	1014	59,0	1,2	218	0,0
134	18.07.2013		24,5	1014	56,8	1,7	224	0,0
135	19.07.2013		23,5	1013	58,3	2,3	241	0,0
136	20.07.2013		21,1	1011	68,5	1,3	226	0,0
137	21.07.2013		25,3	1009	57,4	1,1	155	0,0
138	22.07.2013		27,6	1006	52,2	0,9	167	0,0
139	23.07.2013		25,5	1004	62,0	0,6	159	0,0
140	24.07.2013		21,7	1006	78,7	0,7	213	3,6
141	25.07.2013		22,5	1006	81,7	0,7	145	15,1
142	04.09.2013	Köln, Herbst	22,5	1012	64,5	0,2	159	0,0
143	05.09.2013		25,5	1004	56,3	0,2	181	0,0
144	06.09.2013		24,3	1004	62,8	0,2	180	0,3
145	07.09.2013		17,7	1010	81,6	0,1	170	35,8
146	08.09.2013		14,4	1012	86,6	0,0	172	2,1
147	09.09.2013		14,9	1007	73,6	0,5	186	4,2
148	10.09.2013		13,6	1005	79,7	1,0	188	11,9
149	11.09.2013		14,0	1006	86,5	0,1	178	10,9
150	12.09.2013		15,2	1011	82,9	0,1	191	2,7

Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 6 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
151	13.09.2013	Köln, Herbst	17,1	1010	76,6	0,1	190	3,0
152	14.09.2013		15,5	1005	82,7	0,2	182	4,1
153	15.09.2013		14,8	1000	74,7	0,4	198	11,6
154	16.09.2013		12,3	995	67,6	0,4	191	1,2
155	17.09.2013		12,3	992	79,7	0,5	196	7,5
156	18.09.2013		12,3	998	84,1	0,0	182	0,9
157	19.09.2013		14,1	1005	75,0	0,4	181	3,0
158	20.09.2013		14,5	1013	78,7	0,1	189	0,0
159	21.09.2013		14,4	1020	77,8	0,0	188	0,0
160	22.09.2013		16,9	1020	81,0	0,0	182	0,0
161	23.09.2013		15,9	1015	78,0	0,0	187	0,0
162	24.09.2013		15,8	1007	76,9	0,1	191	0,0
163	25.09.2013		16,8	1004	80,1	0,0	197	0,0
164	26.09.2013		13,2	1009	77,2	0,1	188	0,0
165	27.09.2013		12,5	1008	71,6	0,1	199	0,0
166	28.09.2013		14,0	1004	64,8	0,4	164	0,0
167	29.09.2013		13,4	1002	61,9	0,6	187	0,0
168	30.09.2013		13,9	1003	62,8	0,2	177	0,0
169	01.10.2013		15,2	1006	57,0	0,4	153	0,0
170	02.10.2013							
171	03.10.2013							
172	04.10.2013							
173	05.10.2013				keine Wetterdaten vorhanden			
174	06.10.2013							
175	07.10.2013							
176	08.10.2013							
177	09.10.2013		12,7	1005	84,1	0,2	207	6,9
178	10.10.2013		7,8	1003	86,9	0,1	180	7,1
179	11.10.2013		6,5	1009	89,2	0,0	190	6,3
180	12.10.2013		7,1	1009	88,6	0,1	187	2,7



Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 7 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
181	13.10.2013	Köln, Herbst	9,5	1009	78,9	0,5	194	0,0
182	14.10.2013		12,2	1004	82,3	0,3	183	12,4
183	15.10.2013		10,7	1002	82,5	0,2	187	10,6
184	16.10.2013		11,8	1006	83,2	0,1	206	0,6
185	17.10.2013		13,0	1008	83,5	0,4	191	0,3
186	18.10.2013		12,9	1009	79,7	0,0	166	0,0
187	19.10.2013		16,8	1004	78,4	0,1	184	0,6
188	20.10.2013		15,7	1006	81,9	0,3	174	3,3
189	21.10.2013		16,5	1005	79,6	0,2	195	0,0
190	22.10.2013		18,3	998	79,6	0,3	198	9,2
191	23.10.2013		16,6	1003	76,4	0,9	206	0,3
192	24.10.2013		14,3	1009	79,3	0,1	185	0,6
193	25.10.2013		15,9	1005	87,5	0,0	163	8,9
194	26.10.2013		18,1	1002	77,0	0,6	185	2,4
195	27.10.2013		15,7	996	69,5	2,5	217	4,8
196	28.10.2013		13,7	997	68,9	2,2	212	2,4
197	29.10.2013		10,5	1009	73,2	1,0	215	0,3
198	30.10.2013		8,2	1018	76,7	0,2	188	0,0
199	31.10.2013		11,1	1013	71,9	0,3	190	0,3
200	01.11.2013		10,0	1002	89,8	0,0	180	20,9
201	02.11.2013		11,9	995	86,3	0,2	195	7,7
202	03.11.2013		10,2	992	72,9	1,9	210	1,2
203	04.11.2013		8,9	986	82,5	0,7	186	15,1
204	05.11.2013		8,4	989	81,4	0,6	185	13,4
205	06.11.2013		13,5	997	80,2	1,1	202	8,3
206	07.11.2013		12,4	1001	89,2	0,3	174	21,2
207	08.11.2013		11,1	1000	77,6	0,9	197	1,5
208	09.11.2013		8,7	998	77,8	0,7	193	2,7
209	10.11.2013		5,4	1016	85,6	0,0	177	2,7
210	11.11.2013		6,0	1020	81,3	0,0	196	0,0

Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 8 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
211	12.11.2013	Köln, Herbst	7,8	1021	89,1	0,0	163	3,6
212	13.11.2013		4,4	1018	89,5	0,0	192	0,0
213	14.11.2013		7,0	1015	84,0	0,1	186	0,3
214	15.11.2013		3,4	1024	84,9	0,1	183	0,0
215	16.11.2013		2,6	1020	87,8	0,0	195	0,3
216	17.11.2013		5,0	1009	85,5	0,1	192	0,0
217	18.11.2013		6,0	1001	76,6	0,1	191	0,0
218	19.11.2013		5,7	1000	84,8	0,2	163	0,0
219	20.11.2013		5,2	992	71,0	0,2	185	0,9
220	21.11.2013		4,4	999	78,6	0,8	198	0,9
221	22.11.2013		5,7	1007	80,5	0,2	188	0,0
222	23.11.2013		5,2	1013	84,3	0,2	168	0,9
223	24.11.2013		5,2	1020	82,8	0,2	165	0,9
224	25.11.2013		1,1	1026	88,1	0,1	186	1,2
225	26.11.2013		1,7	1027	88,4	0,0	197	0,3
226	27.11.2013		4,5	1025	86,9	0,0	186	2,1
227	28.11.2013		7,6	1021	82,4	0,2	177	0,3
228	29.11.2013		6,2	1009	84,2	0,6	171	1,2
229	30.11.2013		4,2	1024	78,9	0,0	191	0,0
230	01.12.2013		keine Wetterdaten vorhanden					
231	02.12.2013							
232	03.12.2013		2,6	1020	82,9	0,0	183	0,0
234	04.12.2013		4,9	1020	86,4	0,1	189	1,8
234	05.12.2013		4,8	1009	76,3	2,3	176	6,8
235	06.12.2013		3,0	1017	80,9	1,1	171	5,1
236	07.12.2013		6,2	1018	85,8	0,1	194	2,1
237	08.12.2013		8,7	1019	77,2	0,9	201	0,0
238	09.12.2013		8,2	1025	78,9	0,3	197	0,0
239	10.12.2013		5,9	1027	87,1	0,1	206	0,0
240	11.12.2013		5,6	1025	87,7	0,6	201	0,0



Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 9 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
241	13.01.2014	Köln, Winter	6,8	1002	82,5	0,0	210	0,0
242	14.01.2014		6,3	1001	77,9	0,3	203	0,0
243	15.01.2014		5,3	998	86,2	0,3	205	3,9
244	16.01.2014		7,8	993	80,2	0,2	220	0,0
245	17.01.2014		8,2	994	72,4	0,3	209	0,3
246	18.01.2014		6,5	992	75,3	0,7	202	0,0
247	19.01.2014		5,7	994	80,7	0,2	202	0,0
248	20.01.2014		3,8	1000	83,9	0,3	135	0,0
249	21.01.2014		4,0	1005	87,1	0,0	186	0,0
250	22.01.2014		2,7	1006	84,8	0,1	203	0,0
251	23.01.2014		3,8	1004	87,2	0,2	193	8,0
252	24.01.2014		4,1	1010	86,2	0,0	188	0,3
253	25.01.2014		5,0	1004	79,5	1,1	208	6,5
254	26.01.2014		5,1	991	79,6	0,8	207	18,9
255	27.01.2014		4,9	990	75,6	0,8	214	0,3
256	28.01.2014		3,8	992	73,6	0,6	204	0,0
257	29.01.2014		2,6	996	71,0	1,1	198	0,0
258	30.01.2014		2,5	1000	72,6	0,2	194	0,0
259	31.01.2014		5,7	996	70,7	0,6	204	0,3
260	01.02.2014		5,5	997	81,6	0,5	214	3,6
261	02.02.2014		4,2	1008	76,5	0,5	207	0,0
262	03.02.2014		4,9	1001	77,9	0,7	203	0,0
263	04.02.2014		5,9	998	75,1	0,3	204	0,0
264	05.02.2014		7,4	992	73,8	1,2	209	0,0
265	06.02.2014		10,2	989	66,1	1,6	210	5,1
266	07.02.2014		7,6	991	72,7	2,4	216	7,7
267	08.02.2014		7,7	984	70,0	1,9	219	0,6
268	09.02.2014		5,9	989	67,2	1,7	221	0,0
269	10.02.2014		5,5	990	75,2	0,3	205	1,8
270	11.02.2014		6,7	997	70,1	1,1	217	2,4

Anlage 6 **Umgebungsbedingungen an den Feldteststandorten** **Blatt 10 von 10**

Nr.	Datum	Standort	mittl. Lufttemperatur [°C]	Luftdruck [hPa]	Rel. Luftfeuchte [%]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Windrichtung [°]	Niederschlagsmenge [mm]
271	12.02.2014	Köln, Winter	7,1	994	68,5	1,7	224	0,3
272	13.02.2014		5,2	992	80,2	0,5	201	8,0
273	14.02.2014		8,6	992	74,6	1,4	217	9,5
274	15.02.2014		10,0	995	65,2	3,0	210	1,5
275	16.02.2014		7,4	1004	71,7	0,8	220	0,6
276	17.02.2014		4,2	1008	82,8	0,0	212	0,0
277	18.02.2014		7,4	1005	76,0	0,1	214	1,8
278	19.02.2014		8,3	1006	77,5	0,3	208	0,0
279	20.02.2014		9,7	999	78,3	0,9	209	5,4
280	21.02.2014		5,8	1002	77,2	0,6	207	0,9
281	22.02.2014		5,5	1010	76,2	0,7	211	1,8
282	23.02.2014		7,3	1011	70,4	0,5	206	0,0
283	24.02.2014		12,9	1005	53,2	0,5	203	0,0
284	25.02.2014							
285	26.02.2014		keine Wetterdaten vorhanden					
286	27.02.2014							
287	28.02.2014		6,6	994	75,3	0,3	199	0,0
288	01.03.2014		5,8	995	78,1	0,1	223	0,6
289	02.03.2014		6,1	990	69,9	0,7	199	0,0
290	03.03.2014		6,2	988	71,5	0,6	187	0,0
291	04.03.2014		7,9	1002	70,6	0,1	199	0,0
292	05.03.2014		4,6	1018	81,8	0,2	146	0,0
293	06.03.2014		7,6	1020	67,2	0,2	191	0,0
294	07.03.2014		11,1	1021	63,3	0,1	178	0,0
295	08.03.2014		12,4	1022	56,2	0,5	202	0,0
296	09.03.2014		13,1	1020	46,8	0,3	164	0,0



Anhang 2

Verfahren zur Filterwägung

A) Standorte in Deutschland

A.1 Ausführung der Wägung

Die Wägungen werden im klimatisierten Wägeraum durchgeführt. Die Bedingungen sind 20 °C ±1 °C und 50 % ±5 % rel. Feuchte und entsprechen damit den Vorgaben der DIN EN 14907.

Die Filter für den Feldtest werden manuell gewogen. Für die Konditionierung werden die Filter einschließlich der Kontrollfilter auf Siebe gelegt, sodass keine Überlappung vorliegt.
Die Bedingungen für die Hin und Rückwägung werden vorher festgelegt und entsprechen der Richtlinie.

Vor der Probenahme = Hinwägung	Nach der Probenahme = Rückwägung
Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden	Konditionierung 48 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter	Wiegen der Filter
nochmals Konditionierung 24 Stunden +2 Stunden	nochmals Konditionierung 24 Stunden + 2 Stunden
Wiegen der Filter und sofort verpacken	Wiegen der Filter

Die Waage steht immer betriebsbereit zur Verfügung. Vor jeder Wägeserie wird die interne Waagenkalibrierung gestartet. Ist alles in Ordnung, wird als Referenzgewicht das Eichgewicht von 200 mg gewogen und die Randbedingungen notiert. Die Abweichungen zur vorhergehenden Wägung entsprechen der Richtlinie und überschreiten die 20 µg nicht (siehe Abbildung 48). Dann werden die sechs Kontrollfilter gewogen. Die Kontrollfilter mit einer Abweichung von über 40 µg werden in der Auswerteseite mit einer Warnung angezeigt und nicht für die Rückwägung verwendet. Für die Rückwägung werden die ersten drei einwandfreien Kontrollfilter genommen, während die anderen sicher in ihren Döschen bleiben, um bei Beschädigungen und/oder größeren Abweichungen der ersten drei Kontrollfilter zum Einsatz zu kommen. Den exemplarischen Verlauf über einen Zeitraum von über vier Monaten zeigt Abbildung 49.

Bei der Hinwägung der Filter werden die Filter, die zwischen der ersten und zweiten Wägung eine Differenz von über 40 µg aufweisen, ausgemustert. Bei der Rückwägung werden die Filter mit einer Differenz von über 60 µg normgerecht nicht zur Auswertung genommen.

Für den Transport von und zu der Messstelle und für die Lagerung werden die gewogenen Filter einzeln in Polystyroldöschen verpackt. Erst vor dem Einlegen in den Filterhalter wird das Döschen geöffnet. Die unbeladenen Filter können im Wägeraum bis zu 28 Tage vor der Probenahme gelagert werden. Sollte dieser Zeitraum einmal überschritten werden, so wird die Hinwägung der Filter wiederholt.

Die Lagerung der beaufschlagten Filter kann bei oder unterhalb von 23 °C max. 15 Tage erfolgen. Die Filter werden bei 7 °C im Kühlschrank gelagert.



A2 Auswertung der Filter

Die Auswertung der Filter erfolgt unter Verwendung eines Korrekturterms. Zweck dieser Korrekturrechnung ist es, die relative Masseänderung durch die Wägeraumbedingungen zu minimieren.

Formel :

$$Staub = MF_{rück} - (M_{Tara} \times (MKon_{rück} / MKon_{hin})) \qquad (F1)$$

$MKon_{hin}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Hinwägung

$MKon_{rück}$ = mittlere Masse der 3 Kontrollfilter von 48 h und 72 h Rückwägung

M_{Tara} = mittlere Masse des Filters von 48 h und 72 h Hinwägung

$MF_{rück}$ = mittlere Masse des bestaubten Filters von 48 h und 72 h Rückwägung

Staub = korrigierte Staubmasse auf dem Filter

Es zeigt sich, dass durch die Korrekturrechnung das Verfahren unabhängig von den Wägeraumkonditionen wird. Damit sind die Einflüsse des Wassergehaltes der Filtermasse zwischen beladenen und unbeladenen Filtern kontrollierbar und verändern nicht die Staubgehalte auf den beladenen Filtern. Damit ist der Punkt EN 14907 9.3.2.5 hinreichend erfüllt.

Der exemplarische Verlauf des Eichgewichtes für den Zeitraum von Nov. 2008 bis Feb. 2009 zeigt, dass die zulässige Differenz von 20 µg zur vorhergehenden Messung nicht überschritten wird.

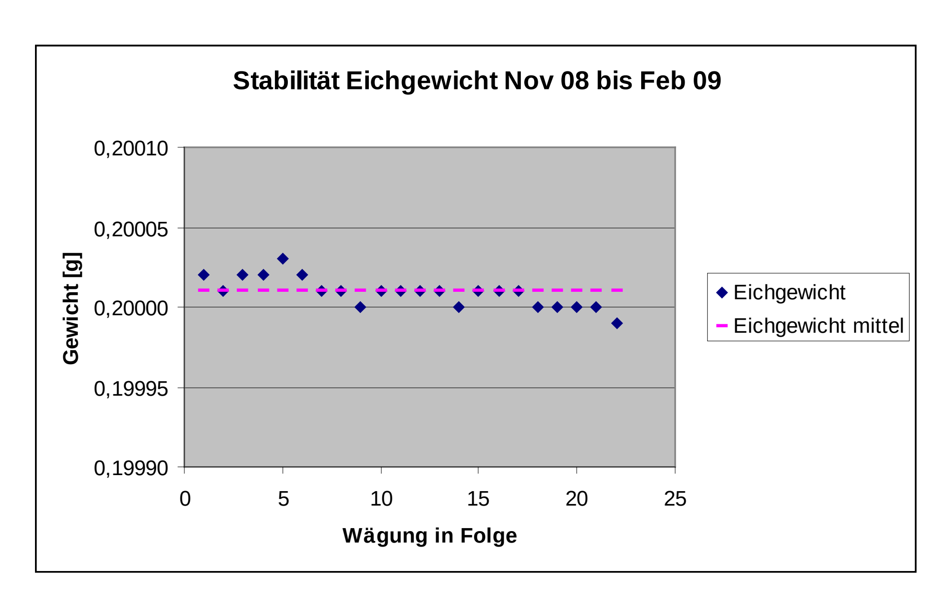


Abbildung 48: Stabilität Eichgewicht

Tabelle 30: Stabilität Eichgewicht

Datum	Wägung Nr.	Eichgewicht	Differenz zur vorhergehenden Wägung
		g	µg
12.11.2008	1	0,20002	
13.11.2008	2	0,20001	-10
10.12.2008	3	0,20002	10
11.12.2008	4	0,20002	0
17.12.2008	5	0,20003	10
18.12.2008	6	0,20002	-10
07.01.2009	7	0,20001	-10
08.01.2009	8	0,20001	0
14.01.2009	9	0,20000	-10
15.01.2009	10	0,20001	10
21.01.2009	11	0,20001	0
22.01.2009	12	0,20001	0
29.01.2009	13	0,20001	0
30.01.2009	14	0,20000	-10
04.02.2008	15	0,20001	10
05.02.2009	16	0,20001	0
11.02.2009	17	0,20001	0
12.02.2009	18	0,20000	-10
18.02.2009	19	0,20000	0
19.02.2009	20	0,20000	0
26.02.2009	21	0,20000	0
27.02.2009	22	0,19999	-10

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert



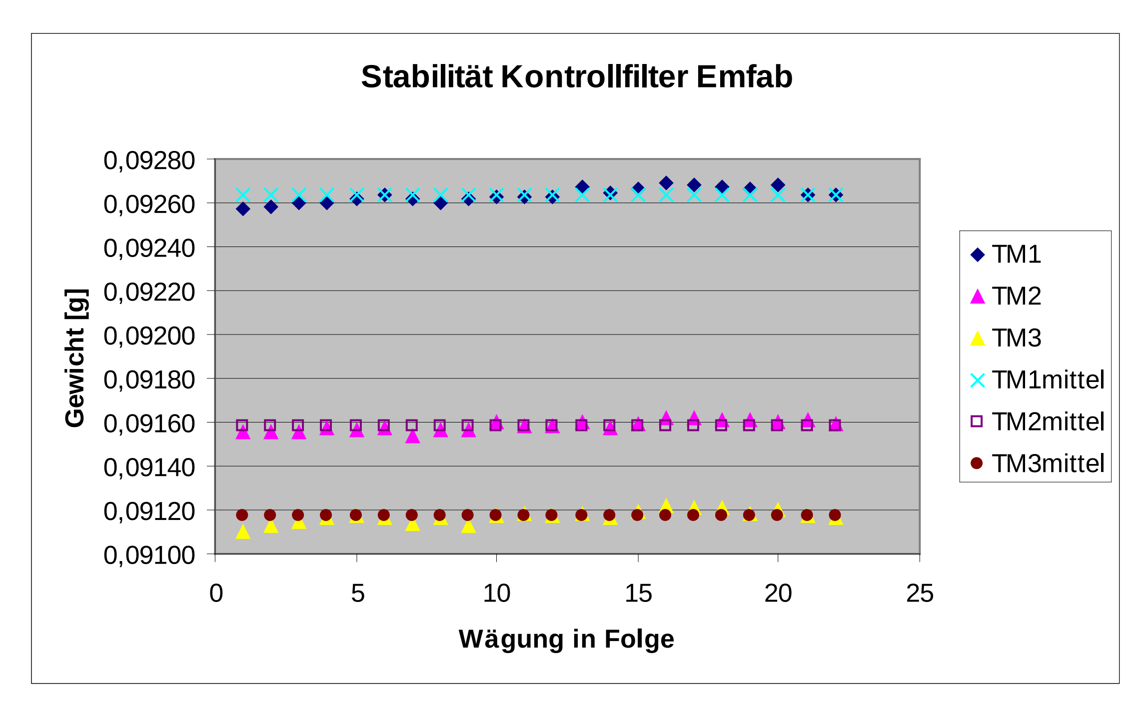


Abbildung 49: Stabilität der Kontrollfilter

Tabelle 31: Stabilität der Kontrollfilter

	Kontrollfilter Nr.		
Wägung Nr.	TM1	TM2	TM3
1	0,09257	0,09155	0,09110
2	0,09258	0,09155	0,09113
3	0,09260	0,09155	0,09115
4	0,09260	0,09157	0,09116
5	0,09262	0,09156	0,09117
6	0,09264	0,09157	0,09116
7	0,09262	0,09154	0,09114
8	0,09260	0,09156	0,09116
9	0,09262	0,09156	0,09113
10	0,09263	0,09160	0,09117
11	0,09263	0,09158	0,09118
12	0,09263	0,09158	0,09117
13	0,09267	0,09160	0,09118
14	0,09265	0,09157	0,09116
15	0,09266	0,09159	0,09119
16	0,09269	0,09162	0,09122
17	0,09268	0,09162	0,09121
18	0,09267	0,09161	0,09121
19	0,09266	0,09161	0,09118
20	0,09268	0,09160	0,09120
21	0,09264	0,09161	0,09117
22	0,09264	0,09159	0,09116
Mittelwert	0,09264	0,09158	0,09117
Standardabw.	3,2911E-05	2,4937E-05	2,8558E-05
rel. Standardabw.	0,036	0,027	0,031
Median	0,09264	0,09158	0,09117
kleinster Wert	0,09257	0,09154	0,09110
höchster Wert	0,09269	0,09162	0,09122

Gelb hinterlegt = Mittelwert

Grün hinterlegt = niedrigster Wert

Blau hinterlegt = höchster Wert



Anhang 3

Handbuch



Betriebsanleitung

DURAG

F-701-20

Beta-Staubmeter



Vor Beginn aller Arbeiten Betriebsanleitung lesen!



Artikelnr.:
4 004 760

DURAG GmbH • Kollaustraße 105 • 22453 Hamburg • Germany • www.durag.de

DURAG

Bedienungsanleitung Beta-Staubmeter F-701-20

Version:	04/2014	vorher. Version:	-/-
Produktionsdatum:	09.01.2015		
Dokumentumfang:	134		

DURAG GmbH	Telefon:	+49 (40) 55 42 18 – 0
Kollaustraße 105	Fax:	+49 (40) 58 41 54
22453 Hamburg	E-Mail:	info@durag.de
Germany	Internet:	www.durag.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis



1 Allgemeines

1 Allgemeines

Unser Anliegen ist es, mit unseren Produkten und Dienstleistungen einen entscheidenden Beitrag zu Ihrem Erfolg zu leisten. Wir würden uns freuen, wenn uns das mit den in dieser Publikation enthaltenen Informationen gelingt.

Sollten Sie Informationen benötigen, die in dieser Unterlage nicht ausführlich genug behandelt werden, dann fordern Sie bitte die benötigte Auskunft von Ihrer zuständigen Vertretung der DURAG GmbH an. Auch Fragen zu Produkten und Anwendungen der DURAG GROUP werden Ihnen gerne von unserem Support & Service Team beantwortet. Die Adressen und Telefonnummern finden Sie auf Seite [▶ 133].



Bei Unklarheiten:

Mit Hersteller Kontakt aufnehmen! Fragen beantworten lassen.

Informationen zum Unternehmen und den Produkten erhalten Sie auch im Internet unter **www.durag.de**.

1.1 Information zu dieser Anleitung

ACHTUNG



Vor Beginn sämtlicher Arbeiten Anleitung lesen!

Vermeiden Sie Verletzungen und Sachschäden durch Unwissenheit.

Diese Anleitung…

- bezieht sich grundsätzlich auf die komplette Gerätschaft, auch wenn einzelne Programmmodule bzw. Geräte(teile) nicht erworben wurden.
- oder Teile davon, dürfen nicht ohne die ausdrückliche Erlaubnis der DURAG GmbH vervielfältigt oder übertragen werden, unabhängig davon, auf welche Art und Weise, in welcher Sprache oder mit welchen Mitteln, elektronisch oder mechanisch, dies geschieht.
- bezieht sich auf den aktuellen Gerätekonstruktionsstand zum Aktualisierungszeitpunkt dieser Dokumentation (Produktionsdatum siehe Seite 2 oben).
- enthält Abbildungen, die aus Gründen der technischen Weiterentwicklung oder der Überschaubarkeit vom tatsächlichen Aussehen abweichen können. Aus den vorhandenen Abbildungen leiten sich daher keine Ansprüche auf die Lieferung identischer Produkte ab.
- **nennt alle Maße in mm (Ausnahmen sind ggfs. entsprechend beschriftet).**
- gibt wichtige Hinweise zum Umgang mit dem Produkt. Voraussetzung für sicheres Arbeiten ist die Einhaltung aller angegebenen Sicherheitshinweise und Handlungsanweisungen.
- ist Produktbestandteil und muss in unmittelbarer Nähe des Verwendungsortes, für das Personal jederzeit zugänglich, aufbewahrt werden. Die darin aufgezeigten Hinweise zur Vermeidung von Gefahren und Schäden unbedingt beachten.

Um den Text dieser Anleitung überschaubar zu machen, werden Textelemente wie Hinweise, Warnungen, Tipps, Tastatursymbole, Menüadressen usw. unterschiedlich dargestellt.

Warnhinweise sind in dieser Anleitung durch Symbole gekennzeichnet. Die Hinweise werden durch Signalworte eingeleitet, die das Ausmaß der Gefährdung zum Ausdruck bringen.

Die Hinweise unbedingt einhalten und umsichtig handeln, um Unfälle, Personen- und Sachschäden zu vermeiden.

Warnhinweise

GEFAHR



…weist auf eine unmittelbar gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führt, wenn sie nicht gemieden wird.

WARNUNG



…weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.

VORSICHT



…weist auf eine möglicherweise gefährliche Situation hin, die zu geringfügigen oder leichten Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.

ACHTUNG



…weist auf eine Situation hin, die zu Sach- und Umweltschäden führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.

Tipps und Empfehlungen

Ein Hinweis oder Tipp wird so dargestellt:



…hebt nützliche Tipps und Empfehlungen sowie Informationen für einen effizienten und störungsfreien Betrieb hervor.

1.2 Symbolerklärung

Besondere Sicherheitshinweise

Um auf besondere Gefahren aufmerksam zu machen, werden Warnhinweise und Signalworte in Verbindung mit den folgenden Symbolen eingesetzt:

	allgemeines Warnzeichen		elektrischer Strom
	heiße Oberfläche		explosionsfähige Atmosphäre
	elektrostatisch gefährdete Bauelemente (ESD)		radioaktive Strahlung (ionisierende Strahlen)

Weitere verwendete Symbole

Außer den Warn- und Sicherheitshinweisen werden auch die folgenden allgemeinen Hinweise und das zugehörige Piktogramm verwendet, um Sie auf besondere Informationen aufmerksam zu machen:



Vor Beginn aller Arbeiten Bedienungsanleitung lesen!



Betrifft Hinweise für den Umweltschutz



Entsorgungshinweis: Entsorgung nach örtlichen Vorschriften für recyclingfähigen Abfall vornehmen.

Text [▸nnn]

Ein so dargestellter Textabschnitt kennzeichnet einen Link; das bedeutet:
- dass dieser Link Sie zu weiterführenden Informationen leiten kann – oder-
- dass der Begriff im Glossar erklärt wird.

Die Zahl hinter dem ▸ gibt die Seite an, auf der Sie diese Information finden.
Wenn Sie dieses Handbuch auf einem PC (als PDF) lesen, können Sie auch mit der Maus auf den Link klicken. Sie springen dann sofort zum Link-Ziel.



Merken sie sich *vorher* die Ausgangsseite, damit Sie anschließend ohne Umstände an Ihren Ausgangspunkt zurück finden!

Die Darstellung der Touchscreen-Anzeigen (überwiegend im Kapitel 6 Bedienung des F-701-20 [▸ 71]) werden in dieser Anleitung zur besseren Erkennbarkeit meist farblich invertiert abgebildet. Eine entsprechende Einstellung am Gerät ist *nicht* möglich.

1.3 Haftungsbeschränkung

Alle Angaben und Hinweise in dieser Anleitung wurden unter Berücksichtigung der geltenden Normen und Vorschriften, dem Stand der Technik sowie langjährigen Erkenntnissen und Erfahrungen zusammengestellt.

Der Hersteller übernimmt keine Haftung für Schäden aufgrund von:
- Nichtbeachtung der Betriebsanleitung
- nichtbestimmungsgemäßer Verwendung
- Einsatz von **nicht zulässigem Personal**
- nicht zulässigen Umbauten
- technischen Veränderungen
- Verwendung nicht zugelassener Ersatzteile
- Verwendung defekter und/oder unsachgemäß reparierter Geräte

Im Übrigen gelten die im Liefervertrag vereinbarten Verpflichtungen, die Allgemeinen Geschäftsbedingungen („Bedingungen für Lieferungen und Leistungen der Elektroindustrie“ (ZVEI)) sowie die Lieferbedingungen des Herstellers und die zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses gültigen gesetzlichen Regelungen.

1.4 Gewährleistung

Die Gewährleistungsbestimmungen befinden sich als separates Dokument in den Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

Umbauten und Veränderungen am Gerät sind nicht gestattet. Jegliche Eingriffe in das Gerät führen zum Erlöschen der Gewährleistung.

Der einwandfreie und sichere Betrieb des Gerätes setzt sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage, regelmäßige Wartung sowie sorgfältige Bedienung voraus.

1.5 Ersatzteile

WARNUNG



Verletzungsgefahr durch falsche Ersatzteile!

Falsche oder fehlerhafte Ersatzteile können zu Beschädigungen, Fehlfunktionen oder Totalausfall führen sowie die Sicherheit beeinträchtigen.

- Nur Originalersatzteile des Herstellers verwenden.
- Ersatzteile über Vertragshändler oder direkt beim Hersteller beschaffen.

1.6 Kundendienst

Bei Unklarheiten Kontakt mit dem Hersteller aufnehmen. Für technische Auskünfte steht dort die Service-Abteilung zur Verfügung.

Hinweise über zuständige Büros oder Partner sind jederzeit per Internet abrufbar, Herstelleradresse siehe Seite 2 oder Seite [▶ 133].

1.7 Urheberschutz (Copyright)

Diese Anleitung vertraulich behandeln. Sie ist ausschließlich für die mit dem Gerät beschäftigten Personen bestimmt. Die Überlassung an Dritte ohne schriftliche Genehmigung des Herstellers ist unzulässig.

Die Anleitung oder Teile davon nicht ohne schriftliche Genehmigung des Herstellers vervielfältigen, übertragen oder in andere Sprachen übersetzen, unabhängig davon, auf welche Art und Weise oder mit welchen Mitteln, elektronisch oder mechanisch, dies geschieht.



Die inhaltlichen Angaben, Texte, Zeichnungen, Bilder und sonstigen Darstellungen sind urheberrechtlich geschützt und unterliegen den gewerblichen Schutzrechten. Jede missbräuchliche Verwertung ist strafbar.

1.8 Warenzeichen

Alle in diesem Handbuch zusätzlich verwendeten Programmnamen und Bezeichnungen (z.B. Microsoft Windows und Excel) sind u.U. eingetragene Warenzeichen der Herstellerfirmen und dürfen nicht gewerblich oder in sonstiger Weise verwendet werden. Irrtümer vorbehalten.



2 Sicherheit

2 Sicherheit



Vor Beginn aller Arbeiten Betriebsanleitung lesen!

In diesem Kapitel geben wir Ihnen wichtige Hinweise für Ihre Sicherheit. Wir weisen Sie darauf hin, wie Sie Gefahren für Leben und Gesundheit des Personals und Schäden am Gerät und anderen Einrichtungen vermeiden. Die Beachtung dieser Hinweise unterstützt einen störungsfreien Betrieb.

Wenn Sie diese Anleitung nicht beachten, haftet die DURAG GmbH nicht für Schäden, die aus fahrlässiger oder vorsätzlicher Missachtung der Anweisungen in dieser Anleitung entstehen!

2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Das Produkt Beta-Staubmeter F-701-20 der DURAG GmbH entspricht dem Stand der Technik und den anerkannten sicherheitstechnischen Regeln, trotzdem können Gefahren entstehen.

Betreiben Sie das Produkt nur in einwandfreiem Zustand, unter Beachtung der Bedienungsanleitung. Wahrnehmbare Veränderungen gegenüber dem Normalbetrieb sind ernstzunehmende Hinweise auf Funktionsbeeinträchtigungen.

Achten Sie in diesem Zusammenhang auf:

- Entstehung von Rauch oder ungewöhnlichen Gerüchen,
- ungewöhnliche Geräusche durch und beim Betrieb des Gerätes (auch z.B. Spülluftgebläse),
- ungewohnte Vibrationen,
- überhöhte Temperatur bei Systemteilen,
- unerklärliche Veränderungen in der Leistungsaufnahme,
- das Auslösen von Überwachungseinrichtungen,
- außergewöhnliche, starke Schwankungen bzw. Verschiebungen in den Messergebnissen.

Bei unsachgemäßer Verwendung oder Handhabung können gesundheitliche oder materielle Schäden entstehen. Beachten Sie die Hinweise bei allen Tätigkeiten am Produkt F-701-20 ebenso wie die Sicherheits- und Warnhinweise in den einzelnen Kapiteln dieser Anleitung.

Grundsätzlich gelten für das beschriebene Produkt folgende Warn- und Sicherheitshinweise:

- Bei Vorbereitung und Durchführung von Arbeiten:
  Die für die Anlage gültigen gesetzlichen Vorschriften und die entsprechenden technischen Regeln einhalten. Nationale Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften beachten.
- Handeln entsprechend:
  … den örtlichen, anlagenspezifischen Gegebenheiten,
  … den betriebstechnisch bedingten Gefahren
  … den Vorschriften.
- Diese Anleitung ist Produktbestandteil und muss in unmittelbarer Nähe des Gerätes, für das Personal jederzeit zugänglich, aufbewahrt werden. Die darin aufgezeigten Hinweise zur Vermeidung von Gefahren und Schäden unbedingt beachten.
- Geeignete Schutzvorrichtungen und persönliche Sicherheitsausstattungen müssen in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen und, entsprechend dem jeweiligen Gefahrenpotential, vom Personal genutzt werden.
- Das Gerät nur in einwandfreiem Zustand entsprechend der Leistungsdaten und unter Beachtung der Sicherheitshinweise betreiben!

- Die Geräte als Ganzes sowie einzelne Komponenten dürfen nur in der Original-ausführung betrieben werden.
- Wartungsarbeiten bzw. Reparaturen, die nicht in dieser Anleitung beschrieben sind, dürfen nicht ohne vorherige Abstimmung mit dem Hersteller durchgeführt werden.

2.2 Bestimmungsgemäßer Gebrauch

Der bestimmungsgemäße Gebrauch des Produktes F-701-20 ist im Kapitel Anwendungsbereiche, bestimmungsgemäßer Gebrauch beschrieben!

2.3 Verantwortung des Betreibers

Das Gerät wird im gewerblichen Bereich eingesetzt. Der Betreiber unterliegt daher den gesetzlichen Pflichten zur Arbeitssicherheit sowie den zutreffenden Richtlinien, Gesetzen und Normen.

Neben den Arbeits-Sicherheitshinweisen in dieser Anleitung müssen die für den Einsatzbereich des Gerätes gültigen Sicherheits-, Unfallverhütungs- und Umweltschutzvorschriften eingehalten werden. Dabei gilt insbesondere:

- Der Betreiber muss sich über die geltenden Arbeitsschutzbestimmungen informieren. In einer Gefährdungsbeurteilung müssen zusätzlich die Gefahren ermittelt werden, die sich durch die speziellen Arbeitsbedingungen am Einsatzort, im Zusammenhang mit dem Gerät ergeben. Das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung muss in Form einer entsprechenden Betriebsanweisung für den Betrieb des Gerätes umgesetzt werden.
- Der Betreiber muss während der gesamten Einsatzzeit des Gerätes prüfen, ob die von ihm erstellten Betriebsanweisungen dem aktuellen Stand der Regelwerke entsprechen und diese falls erforderlich anpassen.
- Der Betreiber muss die Zuständigkeiten für Installation, Bedienung, Wartung und Reinigung eindeutig regeln und festlegen.
- Der Betreiber muss dafür sorgen, dass alle Mitarbeiter, die mit dem Gerät umgehen, diese Anleitung gelesen und verstanden haben. Darüber hinaus muss er das Personal in regelmäßigen Abständen schulen und über die Gefahren informieren.
- Weiterhin ist der Betreiber dafür verantwortlich, dass das Gerät stets in technisch einwandfreiem Zustand ist und die erforderlichen Wartungsarbeiten durchgeführt werden.
- Der Betreiber muss dem Personal ggfs. die erforderliche Schutzausrüstung bereitstellen.

2.4 Personal

2.4.1 Personal, Qualifikation

WARNUNG



Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation!

Unsachgemäßer Umgang kann zu erheblichen Personen– und Sachschäden führen. Tätigkeiten nur durch entsprechend ausgebildetes Fachpersonal durchführen lassen!

In dieser Anleitung werden für verschiedene Arbeiten bestimmte Ausbildungen und Wissensstände vorausgesetzt. Nur wenn Personal über dieses Wissen verfügt, ist es im Sinne dieser Anleitung qualifiziert und zugelassen.
Für Arbeiten am Produkt F-701-20 zugelassene Personen haben folgende Qualifikationen, auf die bei den verschiedenen Tätigkeiten in dieser Anleitung hingewiesen wird:

- **Bedienpersonal**
  ist aufgrund einer betrieblichen Ausbildung in die Bedienung des Produktes F-701-20 Beta-Staubmeter eingewiesen und in der Lage, die ihm übertragenen Arbeiten auszuführen.
- **Fachpersonal**
  ist aufgrund seiner fachlichen Ausbildung und Erfahrung sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen in der Lage, die ihm übertragenen Arbeiten auszuführen und mögliche Gefahren selbstständig zu erkennen.
- **Elektrofachkraft**
  ist aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung und Erfahrung sowie Kenntnis der einschlägigen Normen und Bestimmungen in der Lage, Arbeiten an elektrischen Anlagen auszuführen und mögliche Gefahren selbstständig zu erkennen. Die Elektrofachkraft ist speziell für das Arbeitsumfeld, in dem sie tätig ist, ausgebildet und kennt auch die örtlichen, relevanten Normen und Bestimmungen. Alle Elektroarbeiten dürfen nur von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden.

Folgendes Wissen wird für Bedienpersonal, Fachpersonal und Elektrofachkraft durch aktuelle Unterweisung durch den Betreiber zusätzlich unbedingt vorausgesetzt:

- Genaue Kenntnisse über betriebsbedingte Gefahren und deren Vermeidung.
- Kenntnisse über Anlagenverhältnisse, einschlägige Normen, Bestimmungen, Richtlinien, Betriebsanweisungen und Unfallverhütungsvorschriften im Rahmen der übertragenen Arbeiten.
- mögliche Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten.
- Ausreichende Kenntnisse über F-701-20 (Beta-Staubmeter).

Zur Erlangung von Gerätekenntnissen bietet DURAG geeignete Lehrgänge an. Informationen dazu erhalten Sie im Internet auf der DURAG Homepage oder telefonisch (siehe Herstelleradresse auf Seite 2).

- **Servicetechniker**
  sind aufgrund ihrer fachlichen Ausbildung und Erfahrung sowie durch Kenntnis der einschlägigen Normen und Bestimmungen in der Lage, Arbeiten speziell an Geräten der DURAG GROUP auszuführen. Servicetechniker sind Mitarbeiter der DURAG GROUP oder Mitarbeiter von DURAG GROUP Partnern. Servicetechniker haben eine umfassende Ausbildung und Schulung an diesen Geräten absolviert. Um die Einhaltung spezieller örtlicher Bestimmungen und Betriebsanweisungen zu gewährleisten steht ihnen bei ihrer Arbeit ggfs. lokales Fachpersonal bzw. eine Elektrofachkraft zur Seite.

Als Personal sind nur Personen zugelassen, von denen zu erwarten ist, dass sie ihre Arbeit zuverlässig ausführen.

Nicht zugelassen sind Personen, deren Reaktionsfähigkeit beeinflusst ist, z. B. durch Drogen, Alkohol oder Medikamente.
Bei der Personalauswahl die am Einsatzort geltenden alters- und berufsspezifischen Vorschriften beachten.

2.4.2 Unbefugte Personen

WARNUNG



Gefahr für Unbefugte!

Unbefugte Personen, die die hier beschriebenen Anforderungen nicht erfüllen, kennen die Gefahren im Arbeitsbereich nicht. Unsachgemäßes Verhalten kann zu erheblichen Personen– und Sachschäden führen.
Daher:

- Unbefugte Personen vom Arbeitsbereich fernhalten.
- Im Zweifel Personen ansprechen und sie aus dem Arbeitsbereich weisen.
- Die Arbeiten unterbrechen, solange sich Unbefugte im Arbeitsbereich aufhalten.

2.5 Persönliche Schutzausrüstung

Bei der Arbeit kann das Tragen von persönlicher Schutzausrüstung erforderlich sein, um die Gesundheitsgefahren zu minimieren.
Detaillierte Vorgaben macht der Betreiber, abhängig vom anlagenspezifischen Gefahrenpotential.

- Die für die jeweilige Arbeit erforderliche Schutzausrüstung muss während der Arbeit stets getragen werden.
- Im Arbeitsbereich vorhandene Schilder mit Hinweisen zur persönlichen Schutzausrüstung beachten.
- **Keine** Ringe, Ketten und sonstigen Schmuck bei der Arbeit tragen.

2.6 Grundsätzliche Gefahren

Im folgenden Abschnitt werden die Restrisiken benannt, die sich aufgrund der Risikobeurteilung ergeben.

Die hier aufgeführten Sicherheitshinweise und die Warnhinweise in den weiteren Kapiteln dieser Anleitung beachten, um Gesundheitsgefahren zu reduzieren und gefährliche Situationen zu vermeiden.

2.6.1 Gefährdung durch elektrische Betriebsmittel

Das mit Installation, Inbetriebnahme und Wartung betraute Personal muss gründlich mit allen Gefahrenquellen und Instandsetzungsmaßnahmen gemäß dieser Anleitung vertraut sein.

GEFAHR



Hochspannung. Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr. Beschädigung der Isolation oder einzelner Bauteile kann lebensgefährlich sein.

- Bei Beschädigung der Isolation die Spannungsversorgung sofort abschalten und Reparatur veranlassen.
- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Vor Öffnen des Gehäuses bzw. Entfernen des Berührungsschutzes Gerät spannungsfrei schalten, auf Spannungsfreiheit prüfen und gegen Wiedereinschalten sichern.
- Feuchtigkeit von spannungsführenden Teilen fernhalten. Diese kann zum Kurzschluss führen.

Um Gefährdungen zu vermeiden:

- Beta-Staubmeter nur an die auf dem Typenschild ausgewiesene Versorgungsspannung anschließen.
- Betriebsspannung erst nach vollständiger Montage anschließen und einschalten. Mit dem Anschluss an die Betriebsspannung ist das Gerät sofort einsatzbereit!
- Kabel so verlegen, dass eine Unfallgefahr durch Stolpern oder Hängen bleiben an den Leitungen ausgeschlossen ist.



Dieses Messsystem wurde so gefertigt, dass eine sichere Trennung zwischen Primär- und Sekundärstromkreisen gewährleistet ist. Kleinspannungen, die angeschlossen werden, müssen daher ebenfalls durch sichere Trennung erzeugt sein.

ACHTUNG



Beschädigung elektronischer Bauteile durch elektrostatische Entladung (ESD)

Elektronische Bauteile werden immer kleiner und komplexer. Damit steigt ihre Anfälligkeit gegen elektrostatische Entladungen. Zum Schutz dieser Komponenten müssen für alle Arbeiten am geöffneten Gerät Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen getroffen werden (ESD-Schutz).

Zur Vorbeugung statischer Aufladung des menschlichen Körpers können Servicemitarbeiter z.B. mit einem Personenerdungssystem ausgestattet werden.

2.6.2 Vermeidung von Folgeschäden bei Systemstörung

Zur Vermeidung und Begrenzung von Störungen, die direkt oder indirekt zu Personen- oder Sachschäden führen können, muss der Betreiber sicherstellen, dass:

- zuständiges Wartungspersonal kurzfristig und zu jeder Zeit verständigt werden kann und zur Verfügung steht.
- Wartungspersonal ausgebildet ist, Störungen am Produkt F-701-20 und damit zusammenhängender Systeme zielgerichtet zu finden und zu beheben.
- nötigenfalls die defekten Anlagenteile sofort abgeschaltet werden.
- ein Abschalten nicht zu unkalkulierbaren Folgestörungen und –schäden führt.

2.7 Gerätespezifische Gefahren und Sicherheitsmaßnahmen

Das Gerät ist so konstruiert, dass bei sachgemäßer Anwendung keine Gefährdung für das Bedienungspersonal auftreten kann.

Bei allen Anschlüssen und Installationen, die vom Betreiber am Gerät vorgenommen werden:
Örtliche Vorschriften zur Installation von elektrischen Geräten beachten!

Optional können Anschlusskabel für Geräteanschlüsse, soweit Steckverbindungen vorhanden sind, mit vorkonfektionierten Gerätesteckern bestellt werden.

2.8 Beschreibung und Lage von Sicherheits- und Not-Aus-Einrichtungen

Der Betreiber muss Sicherheitsmaßnahmen für das Produkt Beta-Staubmeter F-701-20 in das Sicherheitskonzept der Gesamtanlage einarbeiten. Dazu gehört auch die Einrichtung und Beschreibung von Sicherheits- und Not-Aus-Einrichtungen, einschließlich der Lageangabe der zugehörigen Not-Aus Schalter.



3 Lieferung

3 Lieferung

In diesem Kapitel finden Sie Informationen über Lieferumfang, Sonderzubehör, Zulassungen, Gewährleistung, Anwendungsbereiche usw.

3.1 Hinweise zur Lieferung

Der jeweilige Lieferumfang ist entsprechend dem gültigen Kaufvertrag auf den der Lieferung beigefügten Versandpapieren aufgeführt. Prüfen Sie die Lieferung bei Erhalt unverzüglich auf Vollständigkeit und Transportschäden.

3.2 Transport, Verpackung und Lagerung

3.2.1 Sicherheitshinweis für den Transport

Bei den gelieferten Produkten handelt es sich i.d.R. um elektronisches Gerät. Behandeln Sie es mit der nötigen Sorgfalt. Vermeiden Sie grobe Stöße, Vibrationen und Feuchtigkeit.

Bei großen Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen kann es durch Kondensation zur Feuchtigkeitsbildung innerhalb der Geräte kommen. Dadurch kann ein elektrischer Kurzschluss verursacht werden.
Warten Sie nach einem Transport der Geräte so lange mit der Inbetriebnahme, bis alle Geräte, auch im Inneren, die Umgebungstemperatur angenommen haben.

3.2.2 Unsachgemäßer Transport

WARNUNG



Verletzungsgefahr durch unsachgemäßen Transport!

Unsachgemäßer Transport kann zu schweren Personen- oder Sachschäden führen.

- Beim Abladen der Packstücke, bei Anlieferung sowie innerbetrieblichem Transport vorsichtig vorgehen und ggf. die Symbole und Hinweise auf der Verpackung beachten.
- Die Packstücke, falls erforderlich, mit geeignetem Hebezeug entladen. Die Tragkraft des Hebezeugs muss mind. dem Gesamtgewicht des Lieferumfangs entsprechen.
- Beim Heben und Absetzen nicht unter der Last stehen und außerhalb des Gefahrenbereichs bleiben.

3.2.3 Transportinspektion

Die Lieferung bei Erhalt unverzüglich auf Vollständigkeit und Transportschäden prüfen. Bei äußerlich erkennbaren Transportschäden:

1. Sofort reklamieren bei Spediteur und DURAG GROUP
   DURAG GROUP Firmenanschriften siehe Seite [▸ 133].
2. Lieferung nur unter Vorbehalt entgegennehmen.
3. Schadensumfang auf den Transportunterlagen oder auf dem Lieferschein des Transporteurs vermerken.
4. Reklamation einleiten.
   Verdeckte Transportschäden müssen innerhalb von 7 Tagen reklamiert werden.

ACHTUNG



Jeden Mangel reklamieren, sobald er erkannt ist. Schadenersatzansprüche können nur innerhalb der vertraglichen Reklamationsfristen geltend gemacht werden.

3.2.4 Verpackung

Die einzelnen Packstücke sind entsprechend den zu erwartenden Transportbedingungen verpackt.
Die Verpackung soll die einzelnen Bauteile bis zur Montage vor Transportschäden, Korrosion und anderen Beschädigungen schützen. Daher die Verpackung nicht zerstören und erst kurz vor der Montage entfernen.

Verwenden Sie auch bei zukünftigen Transporten nach Möglichkeit die Originalverpackung. Die dort verwendeten Materialien und ggf. Formteile gewährleisten einen sicheren Transport.

Umgang mit Verpackungsmaterialien



Wenn keine Rücknahmevereinbarung für die Verpackung getroffen wurde, Materialien nach Art und Größe trennen und der weiteren Nutzung oder Wiederverwertung zuführen.



Umweltschäden durch falsche Entsorgung!

Verpackungsmaterialien sind wertvolle Rohstoffe und können in vielen Fällen weiter genutzt oder sinnvoll aufbereitet und wiederverwertet werden.
Verpackungsmaterialien umweltgerecht entsorgen.
Die örtlich geltenden Entsorgungsvorschriften beachten.
(siehe auch Kapitel 5.12 Demontage und Entsorgung [▶ 67]).

3.2.5 Lagerbedingungen

Beta-Staubmeter - F-701-20 und Ersatzteile unter folgenden Bedingungen lagern:

- Nicht im Freien aufbewahren.
- Trocken und staubfrei lagern.
- Keinen aggressiven Medien aussetzen.
- Eine Taupunktunterschreitung vermeiden.
- Beta-Staubmeter vor mechanischen Beschädigungen schützen.
- Lagertemperatur: -20°C bis 50°C
- Relative Luftfeuchtigkeit: 20 % bis 80 % (nicht kondensierend)
- Bei Lagerung länger als 3 Monate, regelmäßig den allgemeinen Zustand aller Teile und der Verpackung kontrollieren. Die Transportverpackung ist i.d.R. nicht für eine andauernde Lagerung geeignet.

ACHTUNG



Falls für die Ware erforderlich, befinden sich auf den Packstücken Hinweise zur Lagerung, die über die hier genannten Anforderungen hinausgehen. Hinweise auf den Packstücken beachten und einhalten!

3.3 Lieferumfang

Der tatsächliche Lieferumfang kann bei Sonderausführungen, der Inanspruchnahme zusätzlicher Bestelloptionen oder aufgrund neuester technischer Änderungen von den hier beschriebenen Erläuterungen und Darstellungen abweichen. Das/die gelieferten Produkt(e) wird/werden jeweils detailliert im Lieferschein beschrieben.

In den folgenden Tabellen ist der Standard Lieferumfang unverbindlich mit seinen Merkmalen aufgeführt.

3.3.1 Standard-Lieferumfang

	Lieferumfang des typischen Gesamtsystems F-701-20	
	benötigte Anzahl pro System	Ausstattung
	1 Stück	**Komplettes Messsystem** F-701-20: - Immissions Staub-Messgerät im 19" Gehäuse - HxBxT ca. 350x482x530 mm, ca. 31 kg - mit eingebauter C14 Beta Strahlungsquelle 450 kBq - Messbereich: 0-100..10.000 µg/m³, Zykluszeit wählbar - Nachweisgrenze < 1 µg/m³ - Ausgang: 2x4-20 mA, 1xRS 232, 1xRS485 (vorbereitet) wahlweise:
		• **PM 230-ASX** für - Netz: 230 V ~ 50/60 Hz - Standardmäßig mit eingebautem Absolutdruck Sensor
		• **PM 230-ASE** für - Netz: 230 V 50/60 Hz - Standardmäßig mit eingebautem Absolutdruck Sensor - mit eingebautem Ereignisdrucker und Zubehör zur späteren Inhaltsstoffanalyse
		• **PM 115-ASX** für - Netz: 115 V 50/60 Hz - Standardmäßig mit eingebautem Absolutdruck Sensor
		• **PM 115-ASE** für - Netz: 115 V 50/60 Hz - Standardmäßig mit eingebautem Absolutdruck Sensor - mit eingebautem Ereignisdrucker und Zubehör zur späteren Inhaltsstoffanalyse
	1 Stück	**Probenahmekopf** F-701-20: wahlweise:
		• **PM10** 1 m³/h für Rohranschluss 16mm
		• **PM2.5** 1 m³/h für Rohranschluss 16mm

	Lieferumfang des typischen Gesamtsystems F-701-20	
	benötigte Anzahl pro System	Ausstattung
	1 Stück	F-701-20S AS Probenahmedoppelrohr: - Doppelrohr 2 m - Abschirmung Lufteintritt - Klemmring - Ventilatoreinheit - Schlauch u. Klemme für Kondensatablass - Rohrisolation 1 m - Abluftschlauch 3 m
	1 Stück	F-701-20SET SA Dachflansch: - Dachflansch - Dichtungsring - 2 Abdeckkappen DI = 50 mm - 1 Abdeckkappe DI = 40 mm
	1 Stück	F-701-20P AS Abluftrohr für doppelwandiges Probenahmesystem:
	1 Stück	F-701-20P SA Kabelrohr für doppelwandiges Probenahmerohr
	1 Stück	F-701-20T AS Wetter-u. Strahlungsschutz m. natürlicher Ventilati-on für Sensor Temperatur u. relative Feuchte in der Außenluft
	1 Stück	F-701-20T AS Sensor für Temperatur u. relative Feuchte in der Außenluft
	1 Stück	F-701-20T AS Kabel für Sensor Temperatur u. relative Feuchte in der Außenluft: - 5 m

Tab. 3.1: Typischer Lieferumfang F-701-20

	Artikelnr.	Bedienungsanleitung in
	4 004 760	Deutsch
	4 004 761	Englisch
	x xxx xxx	Sprache angeben (Verfügbarkeit überprüfen!) Standardlieferung außerhalb EG ist Englisch, wenn nicht anders angegeben!

Tab. 3.2: Bedienungsanleitung

(Abbildungen können vom tatsächlichen Aussehen abweichen)

3.3.2 Optionale Ausstattung

	Artikel-nummer	Ausstattung
	1 701 785	**Zubehörsatz für** F-701-20 - Feinsicherung für 230VAC - Steckersatz für Signalkabel - Schuko-**Netzanschlusskabel** EU (mit Kaltgerätestecker)
	1 703 422	F-701-20 **Inhaltsstoffanalyse** - Nadeldrucker mit Halterung - Steuereinheit - Halterung für Abdeckfolie - Abdeckfolie
	1 701 886	F-701-20 **P PM10-US-EPA Messkopf** gem. NAAQS 40 CFR, part 50
	1 703 101	F-701-20 **P PM2.5-US-EPA Messkopf** gem. NAAQS 40 CFR, part 50
	4 004 699	F-701-20 **P AS Adapter** für US EPA PM10 und PM2.5-Kopf für doppelwandiges Probenahmesystem

	Artikel-nummer	Ausstattung
		F-701-20 **Rohrbegleitheizung** - PT100 Temperatursensor (2x) - Schutzhülse mit Halter - Montagematerial wahlweise:
	1 702 263	- Heizband HBST 1 m, 230 V/50 W
	1 702 177	- Heizband HBST 1 m, 115 V/50 W
	1 701 409	- F-701-20 WT GF-45-LHM Glasfaserfilterband schwermetallarm, LxB: **45 m** x 45 mm auf Rolle ca. DI=70 mm/DA=160 mm
	1 701 410	- F-701-20 WT GF-30-LHM Glasfaserfilterband schwermetallarm, LxB: **30 m** x 45 mm auf Rolle ca. DI=70 mm/DA=140 mm
	1 702 115	- F-701-20 WT AF-45 Abdeckfolie LxB: **45 m** x 45 mm auf Rolle, für Geräte F-701-20 PM UUU-xxE mit Einbaudrucker
	1 701 775	- F-701-20 WT AF-30 Abdeckfolie LxB: **30 m** x 45 mm auf Rolle, für Geräte F-701-20 PM UUU-xxE mit Einbaudrucker
	4 002 579	- F-701-20-2 T RF-025 **Referenzfolie II** zur Überprüfung der Messwertreproduzierbarkeit - von rechts einzuführen! (für Geräte mit Einbaudrucker) - Wertebereich: 280...360 µg abs
	4 006 130	- F-701-20-2 T RF-025 **Referenzfolie III** zur Überprüfung der Messwertreproduzierbarkeit - von links einzuführen! (für Geräte ohne Einbaudrucker) - Wertebereich: 280...360 µg abs

Tab. 3.3: Optionale Ausstattung F-701-20

(Abbildungen können vom tatsächlichen Aussehen abweichen).



4 Produktbeschreibung

4 Produktbeschreibung

In diesem Kapitel werden grundlegende Eigenschaften des Produktes Beta-Staubmeter aufgeführt, die Bezeichnungen der Gerätekomponenten definiert, das Produkt beschrieben und ggfs. verschiedene Ausführungen erläutert.

4.1 Grundlegende Eigenschaften

- Materialunabhängige Bestimmung der Staub-Massenkonzentration in der Umgebungsluft
- C-14 Methode, keine messbare Abnahme der Aktivität
- Niedrigste Radioaktivität aller Beta-Geräte, verwendbar ohne Umgangsgenehmigung, ohne Anzeigepflicht
- Automatische Nullpunktkorrektur
- Vorkalibriert
- Volumenstrom, geregelt 1 m³/h
- Absaugung einer konstanten Probengasmenge unabhängig von Temperatur und Druck der Umgebungsluft
- Wiederholtes Sammeln auf demselben Fleck
- gesammelte Staubprobe verfügbar für Analyse von Inhaltstoffen, z.B. Schwermetallen
- RS-232-Interface und analoge Ausgänge, Statussignale.

4.2 Geräte und Funktionsbeschreibung

Das Beta-Staubmeter bestimmt die Staubkonzentration pro Kubikmeter Umgebungsluft in µg/m³.

Das Gerät beinhaltet eine vollautomatische Gasprobenahme. Das Luftvolumen wird durch ein Glasfaserfilterband (GF) hindurchgesaugt, wobei die Staubpartikel auf dem Filter abgeschieden werden. Der Volumenstrom wird von der Steuerung geregelt und aufgezeichnet. Nach der Absaugzeit wird die auf dem Filter gesammelte Masse radiometrisch ausgemessen. Dazu wird eine Messanordnung bestehend aus einem Beta-Strahler (C-14) und einem Geiger-Müller-Zählrohr [▶ 129] (GM) verwendet.

Die Kennzeichnung der jeweiligen Staubprobe mit Datum, Uhrzeit und Staubmasse erlaubt außerdem eine nachträgliche Analyse der Partikelzusammensetzung im Labor. So können insbesondere Einflüsse besonderer Vorkommnisse, wie z.B. Unfälle oder Ausfälle bei benachbarten Industrieanlagen, nachvollzogen werden.

Messprinzip

Das Messprinzip zur Staubmassenbestimmung basiert darauf, dass Beta-Strahlen beim Durchtritt durch Materie abgeschwächt werden. Die Intensität der Strahlung (Pulse/ Messzeit) wird zunächst nach dem Durchtritt durch das unbelegte saubere Filterpapier bewertet. Nach der Staubsammlung wird erneut die Intensität der Strahlung gemessen. Das Verhältnis der beiden Intensitäten ist ein Maß für die auf dem Filterfleck gesammelte Staubmenge (homogene Verteilung auf der Filterfläche vorausgesetzt) und damit bei konstanter Querschnittsfläche des belegten Filterflecks ein Maß für die absolute Staubmasse. Die absolute Staubmasse dividiert durch die abgesaugte Luftmenge ergibt dann die Staubkonzentration.

Das radiometrische Messverfahren ist universell anwendbar, da es in weiten Grenzen unabhängig von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Staubes und des Trägergases die Masse des Staubes bestimmt.

Bei homogener Verteilung des Staubniederschlages mit der Masse m auf einer Filterfläche AF gilt bis 5 mg/cm² in guter Näherung die lineare Beziehung:

$\ln (n_0/n) = (\mu/\rho) \cdot d$

mit: $d = m/A_F$	in µg/cm² ist die Staubflächendichte bei einem Staubniederschlag in µg auf der konstanten Niederschlagsfläche in cm²
µ/ρ	in cm²/g ist der Massenschwächungskoeffizient
µ	in cm^{-1} ist der lineare Schwächungskoeffizient der verwendeten Beta-Strahlung
ρ	in g/cm³ ist die Dichte des Absorbermaterials
n_0 und n	sind die vom Zähler ohne bzw. mit Staub pro Minute erfassten Beta-Teilchen, die elektronisch als Spannungsimpulse registriert werden. Die Impulsrate ist ein Maß für die Strahlungsintensität.

Tab. 4.1: (GL1) Bestimmung der Staubmasse

Der Massenschwächungskoeffizient µ/ρ der verwendeten Beta-Strahlung ist abhängig von der Elektronendichte des Absorbers und damit proportional dem Verhältnis (Z/A).

mit: Z	Chemische Ordnungszahl
A	Massenzahl

Da für die meisten vorkommenden Stäube das Verhältnis (Z/A) = 0,45 … 0,5 näherungsweise konstant ist, ist die Beta-Strahlenschwächung praktisch unabhängig von der chemischen Zusammensetzung und der Korngrößenverteilung des Staubes. Nachfolgend werden exemplarisch einige Elemente und deren (Z/A)-Verhältnis aufgelistet:

Element	AL	C	Ca	Fe	K	Mg	Na	O	S	Si
Z/A	0,482	0,50	0,49	0,466	0,486	0,494	0,48	0,50	0,499	0,498

Tab. 4.2: (Z/A)-Verhältnis einiger Elemente

Eine Ausnahme bildet der Wasserstoff, für den (Z/A)=1 ist. Allerdings ist der Anteil des Wasserstoffes im Staub verhältnismäßig gering, sodass sein abweichendes Verhalten das Messprinzip nicht stört.

Bei konstant bleibender Filterfläche lässt sich, da (µ/ρ) = konstant ist, die auf dem Filter A niedergeschlagene Staubmasse aus der Strahlenschwächung nach der folgenden Gleichung bestimmen:

$m = A_F \cdot (\rho/\mu) \cdot \ln (n_0/n)$

Masse = f(A, ρ/µ, $\ln(n_0/n)$)	
mit: m	absolute Staubmasse in g
A_F	Filterfleckfläche in cm²

Tab. 4.3: (GL2) Staubmasse aus Strahlenschwächung

Da der Massenschwächungskoeffizient (µ/ρ) mit abnehmender Beta-Maximalenergie zunimmt, ist die Massenbestimmung durch die Beta-Absorptionsmessung umso empfindlicher, je energieschwächer die verwendete Beta-Strahlung ist. Besonders geeignet ist daher, auch wegen seiner großen Halbwertzeit von T½ = 5730 Jahren, das Kohlenstoff-Isotop C-14 mit einer Maximalenergie von W_{max}= 0,156 MeV.

Die Staubkonzentration ergibt sich aus der absoluten Masse, dividiert durch das abgesaugte Luftvolumen:

$c = m / Q$

Staubkonzentration = f(m, Q)	
mit: c	Staubkonzentration in µg/m³
Q	abgesaugtes Luftvolumen in m³

Tab. 4.4: (GL3) Staubkonzentration

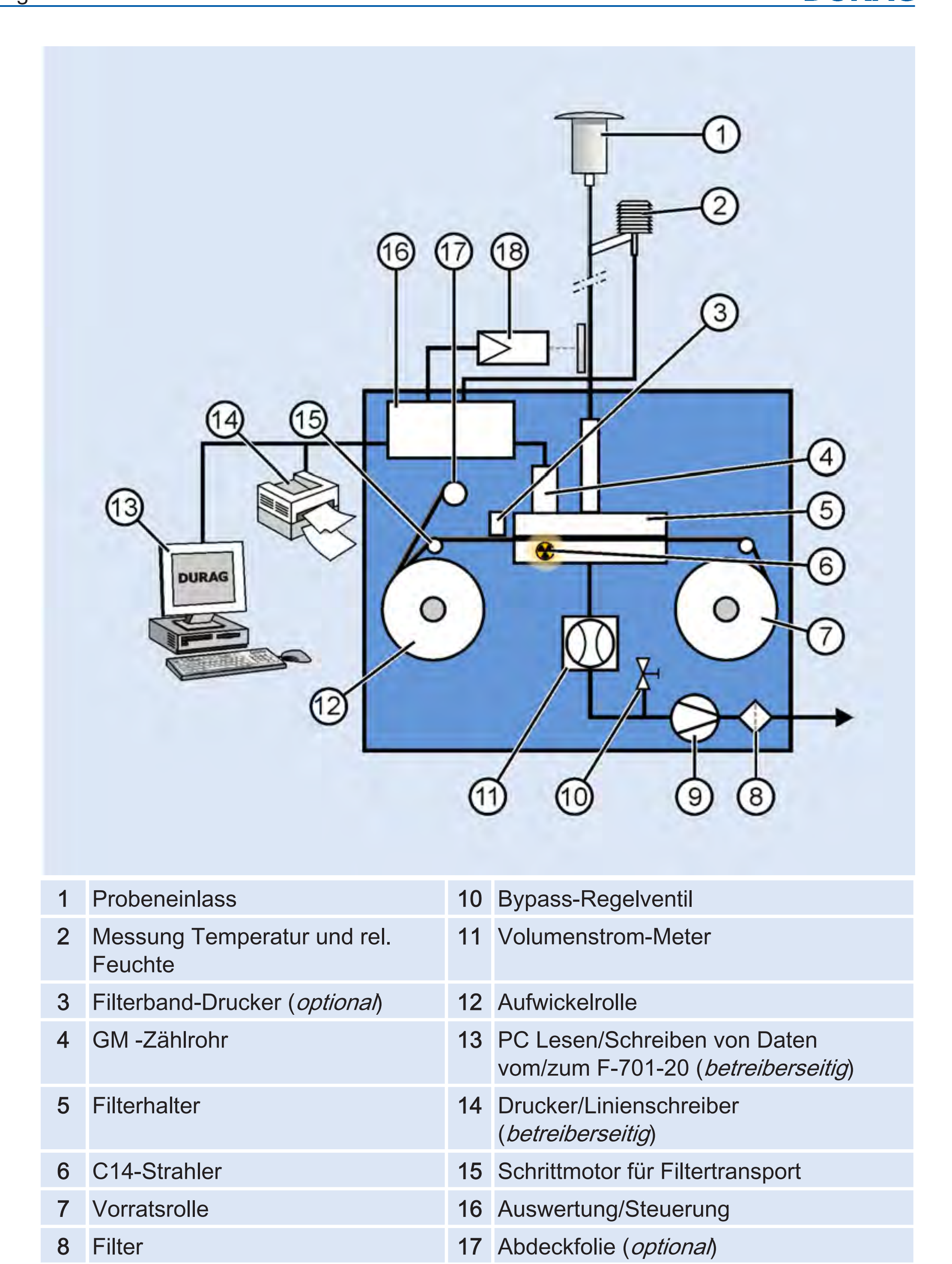
Schnittstellen

Das Gerät verfügt über 4/20 mA Signal-Ausgänge, die das Messergebnis an einen angeschlossenen Datenrechner übertragen. Alternativ bietet das Gerät serielle Schnittstellen, die zum Datentransfer und zur Steuerung des Gerätes genutzt werden können oder zum Anschluss eines Protokolldruckers dienen.

4.3 Geräteausführung des F-701-20

4.3.1 Funktionale Übersicht F-701-20

In Abb. 4.1 sind die wesentlichen Komponenten des Systems F-701-20 aufgezeichnet. Das Messgerät ist kompakt aufgebaut. Bis auf die Probenahmesonde (Probeneinlassrohr, Probenahmekopf), den optionalen meteorologischen Sensor und die optionale Sondenrohrbegleitheizung sind alle Komponenten in einem Gehäuse untergebracht.



1	Probeneinlass	10	Bypass-Regelventil
2	Messung Temperatur und rel. Feuchte	11	Volumenstrom-Meter
3	Filterband-Drucker (*optional*)	12	Aufwickelrolle
4	GM -Zählrohr	13	PC Lesen/Schreiben von Daten vom/zum F-701-20 (*betreiberseitig*)
5	Filterhalter	14	Drucker/Linienschreiber (*betreiberseitig*)
6	C14-Strahler	15	Schrittmotor für Filtertransport
7	Vorratsrolle	16	Auswertung/Steuerung
8	Filter	17	Abdeckfolie (*optional*)
9	Vakuumpumpe	18	Sondenrohrbegleitheizung (*optional*)

Abb. 4.1: Funktionsschema F-701-20

Das Messgerät wird durch ein Mikrokontrollerboard gesteuert.

Der Filterbandtransport wird von der Vorratsrolle zur Aufwickelrolle (siehe Abb. 4.8) durch einen Schrittmotor durchgeführt. Das Geiger-Müller-Zählrohr [▶ 129] (*kurz: GM-Zählrohr*) bestimmt über die Abschwächung der von der C-14 Strahlungsquelle ausgehenden Strahlungsintensität die Massezunahme auf dem Filterpapier. Das zu messende Gas wird durch die Pumpe abgesaugt, wobei der Volumenstrom durch das Volumenstrom-Meter gemessen und mittels des Bypass-Ventils konstant auf 1000 l/h geregelt wird. Eine Elektronik steuert die Messvorgänge, ermöglicht eine benutzerfreundliche Bedienung über einen Touchscreen und speichert die Messwerte.

Beim normalen Messablauf wird am Anfang der Messung ein unbelegter Filterfleck zwischen C-14-Strahler und GM-Zählrohr transportiert. Für 300 Sekunden wird dann die Strahlenintensität (durch das unbelegte Filter) gemessen, d.h. die vom GM-Zählrohr erzeugten Impulse werden als Maß für die detektierte Beta-Strahlung gewertet.

Anschließend wird der Filterhalter geöffnet und das Filterband solange transportiert, bis sich diese bewertete Filterfläche in der Absaugposition befindet. Der Filterhalter wird anschließend wieder geschlossen. Der Absaugvorgang beginnt. Die Absaugdauer entspricht der jeweils programmierten Zykluszeit (abzüglich der Messzeiten). Nach Beendigung der Probenahme wird der Filterhalter wieder geöffnet und das Filterpapier in die ursprüngliche Position unter das Zählrohr bewegt. Der Filterhalter schließt und die Strahlenintensität (durch das belegte Filter) wird wieder für 300 Sekunden gemessen.

Aus den gemessenen Zählraten wird nach Gleichung 2 ([▶ 34]) die Staubmasse bestimmt, die auf dem Filter gesammelt wurde. Die Staubkonzentration wird durch Verrechnung mit der abgesaugten Luft nach Gleichung 3 ([▶ 34]) berechnet.

Die Messergebnisse werden im Display angezeigt. Ebenso sind sie als 4/20 mA-Stromsignal und über RS232 Datenschnittstelle (z.B. mittels Bayern-Hessen-Protokoll / Gesytec) verfügbar. Alle Messwerte der letzten 9 Monate sind gespeichert und stehen am Display und über die serielle Schnittstelle zur Verfügung. Ein Bedrucken des Filterpapiers zur Kennzeichnung der gesammelten Staubprobe (z.B. zur Staubinhaltsstoff-Analyse) ist optional möglich.

Optional kann das Gerät auch die gemessenen Staubproben mit einer Abdeckfolie gegen Verschmierung und Verlust schützen, um eine nachträgliche Laboruntersuchung auf Staubinhaltsstoffe, z.B. Schwermetalle zu ermöglichen.

4.3.2 Probenahme

Je nach Messaufgabe kommen entsprechende Probenahmeköpfe (Probenahmesonden) zum Einsatz:

- Der TSP- Kopf wird zur Sammlung und Messung von Gesamtstaub eingesetzt.
- Der PM10-Kopf ist dann im Einsatz, wenn Staubfraktionen mit einem aerodynamischen Durchmesser ≤ 10 µm zu erfassen und zu bewerten sind.
- Der PM2.5-Kopf dient zur Erfassung und Bewertung von Staubfraktionen mit einem aerodynamischen Durchmesser ≤ 2,5 µm.

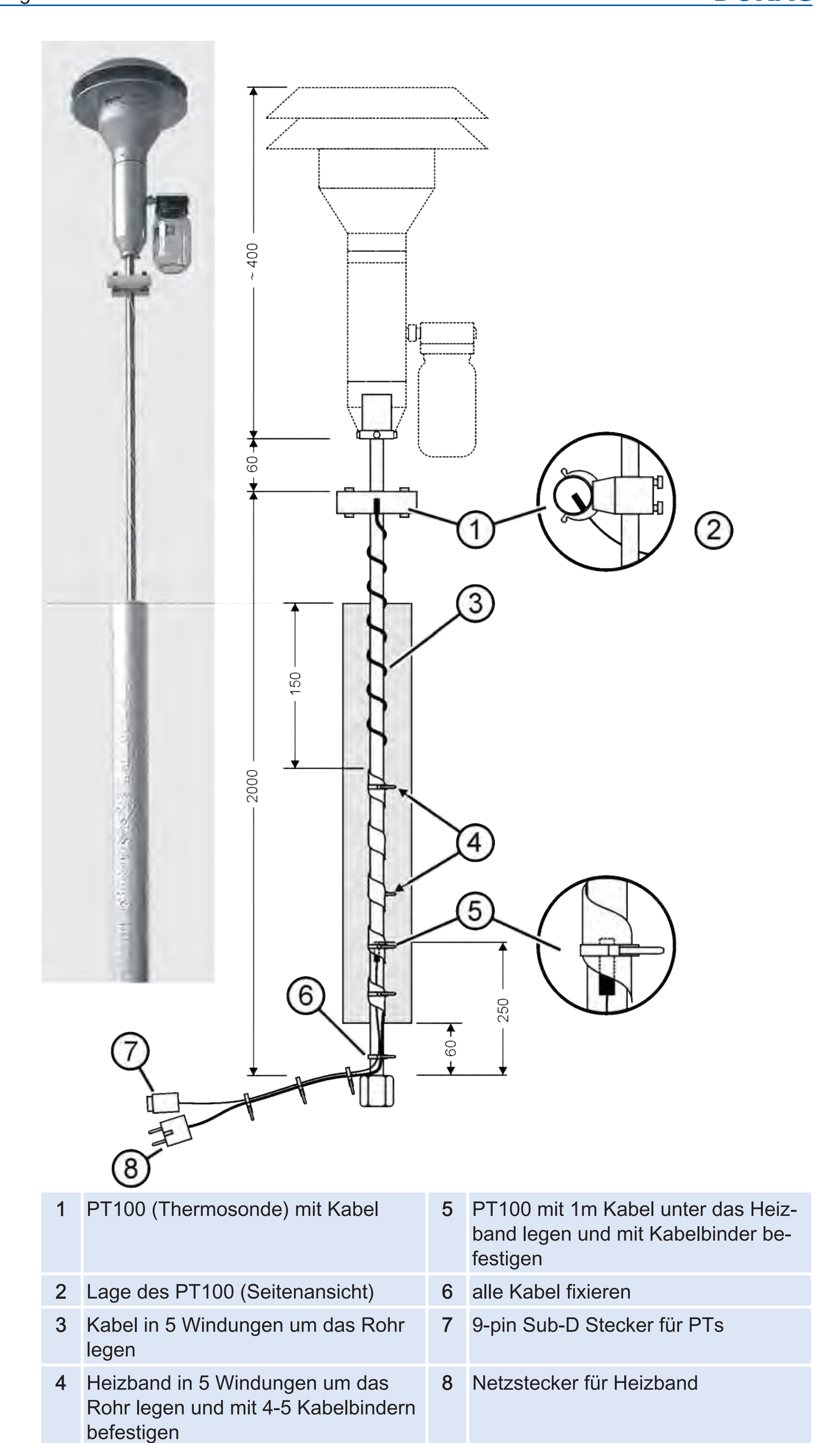
			
TSP-Einlass (VDI 2463)	PM2.5-Einlass äußerlich gleiche Bauart PM10−Einlass (EN12341: 2014)	PM10-Einlass (NAAQS, 40 CFR, part 50)	PM2.5-Einlass, nur mit PM10-Einlass (NAAQS, 40 CFR, part 50)

Tab. 4.5: Probenahmeköpfe

Für die PM10-Messung ist oft ein einfaches Probenahmerohr ausreichend. Zur Vermeidung von Kondensation im Rohr und / oder im Messvolumen kann eine zusätzliche Heizung (siehe Kapitel 4.3.5 Sondenrohrbegleitheizung (Option) [▶ 40]) benutzt werden. Für den automatischen Betrieb wird die Verwendung eines PT100-Temperatursensors (siehe Kapitel 4.3.3 Umgebungstemperaturmessung (Option) [▶ 40]) und

eines Absolutdruck-Sensors zur Messung des Umgebungsluftdrucks (siehe Kapitel 4.3.4 Luftdruckmessung [▸ 40]) empfohlen. Damit ist jederzeit ein den Umgebungsverhältnissen angepasster konstanter Volumenstrom von 1 m³/h gewährleistet, der die Voraussetzung für die größenabhängige Staubfraktionierung im Probenahmekopf ist. Abb. 4.2 zeigt, wie das einfache, beheizte Probenahmesystem montiert wird.

Für PM2.5-Messungen steht ein aktiv belüftetes Probenahmesystem zur Verfügung, bei dem die Sondenrohrbegleitheizung auch bei großer relativer Feuchte der Umgebungsluft nicht zwingend erforderlich ist (siehe Kapitel 4.6.1 Probenahmesystem (Übersicht) [▸ 44]). Dabei wird ständig Außenluft mittels einer Ventilatoreinheit durch das äußere Rohr befördert, so dass das eigentliche Probenahmerohr im Inneren bis zur Messstrecke im Gerät auf der Temperatur der Außenluft gehalten wird. Die Stromversorgung der Ventilatoreinheit erfolgt über das Gerät selbst. Eine zusätzliche passive Isolation des Außenrohrs kann bei extremen Unterschieden zwischen Umgebungstemperatur und Temperatur im Aufstellungsraum des Gerätes hilfreich sein. Für die PM2.5-Messung wird dringend die Verwendung eines Sensors zur Messung des Umgebungsluftdrucks (siehe Kapitel 4.3.4 Luftdruckmessung [▸ 40]) und eines meteorologischen Sensors zur Messung von Temperatur und relativer Feuchte in der Umgebungsluft (siehe Kapitel 4.3.3 Umgebungstemperaturmessung (Option) [▸ 40] *meteorologischer Sensor*) empfohlen, um den Volumenstrom konstant zu halten und das Messvolumen nur soweit als unbedingt nötig zu heizen. Dadurch wird nicht nur die gewünschte Größenfraktion des Staubes im Probenahmekopf abgeschieden, sondern es werden auch Verluste an flüchtigen Staubbestandteilen weitgehend reduziert.



1	PT100 (Thermosonde) mit Kabel	5	PT100 mit 1m Kabel unter das Heizband legen und mit Kabelbinder befestigen
2	Lage des PT100 (Seitenansicht)	6	alle Kabel fixieren
3	Kabel in 5 Windungen um das Rohr legen	7	9-pin Sub-D Stecker für PTs
4	Heizband in 5 Windungen um das Rohr legen und mit 4-5 Kabelbindern befestigen	8	Netzstecker für Heizband

Abb. 4.2: Montageanleitung für beheiztes Probenahmesystem für PM10-Messung

4.3.3 Umgebungstemperaturmessung (Option)

Für die Messung der Umgebungsluft-Temperatur kann optional ein Temperatursensor (PT100) verwendet werden (siehe auch Abb. 4.2). Dazu wird der Sensor im Strahlenschutzgehäuse am Probenahmerohr befestigt. Das Sensorsignal wird über einen an der Rückseite des Gerätes vorhandenen 9-poligen Sub-D-Stecker, der mit „Temperature“ gekennzeichnet ist, in das Gerät geführt und dort ausgewertet und gespeichert.

Alternativ kann ein meteorologischer Sensor in einer Wetterschutzhütte verwendet werden, der gleichzeitig die Temperatur und die realtive Feuchte in der Umgebungsluft bestimmt (siehe auch Abb. 4.3 . Der Anschluss des Sensors erfolgt über den mit „Meteorology“ gekennzeichneten Stecker an der Rückseite des Gerätes.

Die Temperaturmessung in der Außenluft dient im Zusammenhang mit dem Wert vom Absolutdruck-Sensor der Volumenstromreglung unabhängig von der Umgebungsluft-Temperatur sowie der Bestimmung des auf Normbedingungen (0 °C, 1013 hPa) normierten Volumenstroms. Sie ist insbesondere auch dann notwendig, wenn die Temperatur des Messvolumens (im Filterhalter) in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt werden soll, um einerseits Betauung zu verhindern und andererseits einen Verlust flüchtiger Staubbestandteile zu vermeiden. Die Steuerung der Messvolumentemperatur kann durch Verwendung des meteorologischen Sensors verbessert werden, da durch die Bestimmung der relativen Luftfeuchte eine Regelung in Abhängigkeit der Taupunkt-Temperatur möglich ist.



Für PM2.5-Messungen gem. DIN EN 12341: 2014 wird dringend die Verwendung des Sensors zur gleichzeitigen Messung von Temperatur und Feuchte empfohlen!

4.3.4 Luftdruckmessung

Für die Messung des Luftdrucks ist ein Absolutdruck-Sensor im Gerät installiert. Die Messwerte des Sensors werden durch die Steuerelektronik ausgewertet und gespeichert. Die Luftdruckmessung dient im Zusammenhang mit dem Wert vom optionalen Umgebungstemperatur-Sensor der Volumenstromreglung unabhängig vom Umgebungsluftdruck (z.B. im Bergland oder bei Hoch- oder Tiefdruck-Wetterlagen) sowie der Bestimmung des auf Normbedingungen (0 °C, 1013 hPa) normierten Volumenstroms.

Der Sensor wird bereits im Werk installiert und entsprechend parametriert, kann aber auch durch entsprechend geschultes Personal nachgerüstet werden.



Für PM2.5-Messungen gem. DIN EN 12341: 2014 wird dringend die Verwendung des Luftdrucksensors empfohlen!

4.3.5 Sondenrohrbegleitheizung (Option)

Die Sondenrohrbegleitheizung ist je nach Gerätestandort erforderlich. Diese Geräteoption kommt dann zum Einsatz, wenn durch die Bedingungen am Messort eine Kondensation der Gasprobe möglich ist. Der in diesem Fall entstehende Feuchtigkeitsniederschlag an der Innenwand des Probenahmerohrs würde abzusaugende Staubpartikel im Probenahmerohr binden, bevor diese auf dem Filterpapier ihren Niederschlag finden und so das Messergebnis durch Minderbefund verfälschen. Bei starken Kondensationserscheinungen würden Wassertröpfchen an der Probenahmeroh-

rinnenseite hinab durch den Filterhalter bis auf das Filterpapier gelangen. Die zusätzliche Feuchtigkeit auf den Filterflecken würde das Messergebnis verfälschen und kann zur Zerstörung der Volumenstrom-Sonde führen.

Ist mit Kondensation zu rechnen, wird vorbeugend die Sondenrohrbegleitheizung (siehe auch Abb. 4.2) installiert. Ein Heizband mit regelbarer Temperatur wird dabei um das Sondenrohr gewickelt. Dadurch wird die Kondensation von Luftfeuchte ausgeschlossen. Heizbandlänge und Temperatur sind dabei abhängig von den Standortbedingungen und den örtlichen Gegebenheiten für die Installation.

Alternativ kann ein doppelwandiges Probenahmerohr verwendet werden, dass durch seine aktive Belüftung sicherstellt, dass die Temperatur im Probenahmerohr annähernd der Außentemperatur entspricht. Durch zusätzliche Isolation des Rohrs (z. B. mit handelsüblicher Armaflex Rohrisolierung) im Messraum wird dies bis zu einer Temperaturdifferenz von 40 Grad zwischen Außenluft und Messraumluft gewährleistet.

4.3.6 Inhaltsstoffanalyse (Option)

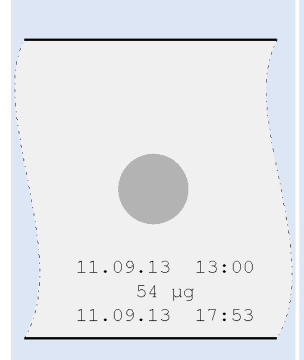
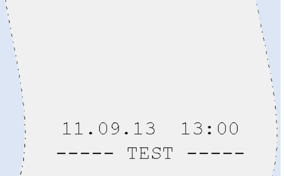
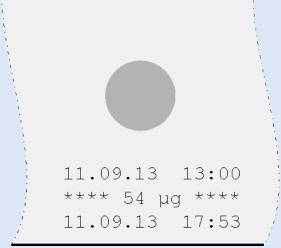
Bei der Option Inhaltsstoffanalyse wird ein Staubfleck durch einen Aufdruck hinter dem Fleck auf dem Filterband gekennzeichnet und nachfolgend durch Abdecken mit einer transparenten Folienzwischenlage geschützt. Der Aufdruck enthält Angaben zu Beginn- und Ende-Zeit der Staubsammlung sowie die gesammelte Masse (µg).

Zur Option Inhaltsstoffanalyse gehören:

- Nadeldrucker mit Halterung
- Steuereinheit
- Halterung für Abdeckfolie
- Abdeckfolie

Da der Drucker nicht direkt an der Probenahmestelle auf dem Filterband platziert ist, werden die Daten für die Staub-Flecken gespeichert und der Druck erfolgt entsprechend zeitverzögert.

Der Einbau der Option, sofern nicht schon bei der Auslieferung vorhanden, sollte nur durch geschultes Personal erfolgen. Unter dem Parameter „Service/ Optionen“ wird für Filterdrucker „active“ ausgewählt. Weitere Parametrierungen sind nicht notwendig.

	Der Staubfleck wurde vom 11.09.13 13:00 Uhr bis 17:53 Uhr gesammelt. Die berechnete absolute Masse beträgt 54 µg.
	Testdruck während des Filterbandvorschubs durch Drücken der Taste mit dem Symbol für „vorwärts“.
	Werden vor und hinter der Angabe der Masse Sternchen gedruckt, ist ein Fehler aufgetreten oder der Benutzer hat während des Messzyklus' eine andere Aktion ausgeführt. Effekte: • Druckposition könnte nicht korrekt sein. • Die gedruckte Masse oder Zeit am Ende des Probenahmezyklus' kann fehlerhaft sein. Gründe: • Fehler Filterriss • Aktivitäten Benutzer: Filtergehäuse öffnen/schließen, Filterband rückwärts, Stabilitätsprüfung mit Referenzfolie, Stopp durch Benutzer • Gerät ausgeschaltet Mit den Informationen in der Datenbank für Messwerte und Meldungen können Fehler teilweise manuell korrigiert oder das Gewicht der Staubflecken berechnet werden.

Tab. 4.6: Beispiele für Filterband-Aufdruck

4.4 Anwendungsbereiche, bestimmungsgemäßer Gebrauch

Das Staubmessgerät (Beta-Staubmeter) F-701-20 dient zur kontinuierlichen Überwachung und Aufzeichnung des Staubgehaltes in der Umgebungsluft.

- Immissions-Messnetze zur Feinstaubüberwachung
- Mobile Immissions-Messwagen
- Staubmessung im Arbeitsschutzbereich
- Innenraum-Staubmessungen
- Messen und Sammeln von Staubpartikeln zur Analyse von Schwermetallen und anderen Inhaltstoffen
- Langzeit-Hintergrundstudien der Immissionsstaubbelastung

- Staubmessung und -sammlung in Altlastengebieten und Lagerstätten
- Staubmessung diffuser Emissionen, z.B. von Baustellen oder Lagerstätten (z.B. Kohle)
- Staubmessung in Zuluft- und Abluftkanälen

Nicht geeignet …

- für den Einsatz in explosiver Atmosphäre.

WARNUNG



Gefahr durch nicht bestimmungsgemäße Verwendung!

Jede über die bestimmungsgemäße Verwendung hinausgehende und/oder andersartige Benutzung des Beta-Staubmeters kann zu gefährlichen Situationen führen.

Es besteht Gefahr von Personen– und Sachschäden.

Das F-701-20 nur entsprechend den Angaben auf dem Typenschild und den in den Technische Daten genannten Parametern betreiben. Alle Angaben in dieser Betriebsanleitung strikt einhalten!

Ansprüche jeglicher Art aufgrund von Fehlgebrauch sind ausgeschlossen.

Für jegliche Schäden bei nicht bestimmungsgemäßer Verwendung haftet allein der Betreiber.

Der einwandfreie und sichere Betrieb dieses Beta-Staubmeters setzt sachgemäßen Transport, fachgerechte Lagerung, Aufstellung und Montage sowie sorgfältige Bedienung und Instandhaltung durch qualifiziertes Personal voraus.

4.5 Konformität/Zulassungen

Das F-701-20 ist unter Beachtung der einschlägigen Sicherheitsnormen entwickelt, gefertigt, geprüft und dokumentiert worden.

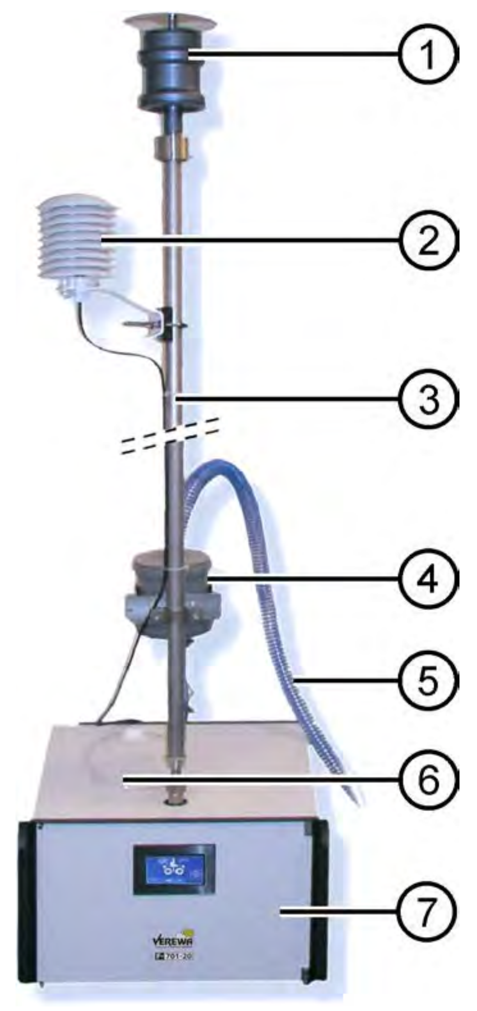
Es gehen deshalb im Normalfall keine Gefahren von diesem Gerät für die Gesundheit von Personen oder Sachschäden aus. Um Gefahren zu minimieren, ist die Beachtung der Hantierungsvorschriften und sicherheitstechnischen Hinweise in dieser Anleitung unumgänglich. Beachten Sie diese Hinweise bei Projektierung, Montage, bestimmungsgemäßem Betrieb und Instandhaltung.

Weitere Informationen über angewandte Normen bzw. Richtlinien unter:

- Technische Daten, Tab. 8.2
- Konformitätserklärung

4.6 Benennung der Geräte- und Systemkomponenten

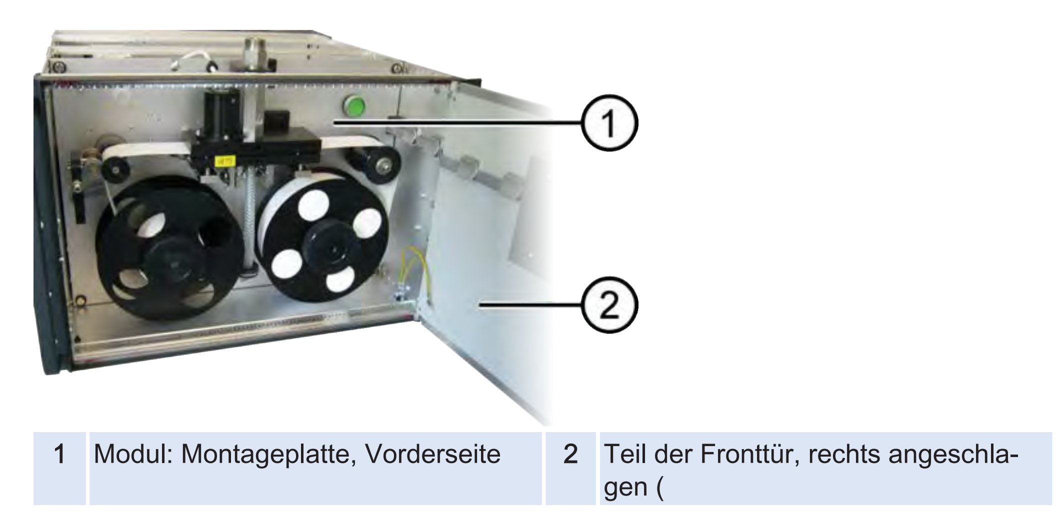
4.6.1 Probenahmesystem (Übersicht)



1	Probenahmekopf (Beispiel) *(Probeneinlass)*	5	Abluft
2	Wetterhütte mit Sensor für Temperatur und rel. Feuchte *(optional)*	6	Kondenswasser-Schlauch
3	Doppelwandiges Probenahmerohr	7	Messgerät mit Touchscreen
4	Aktive Belüftung des Probenahmerohrs		

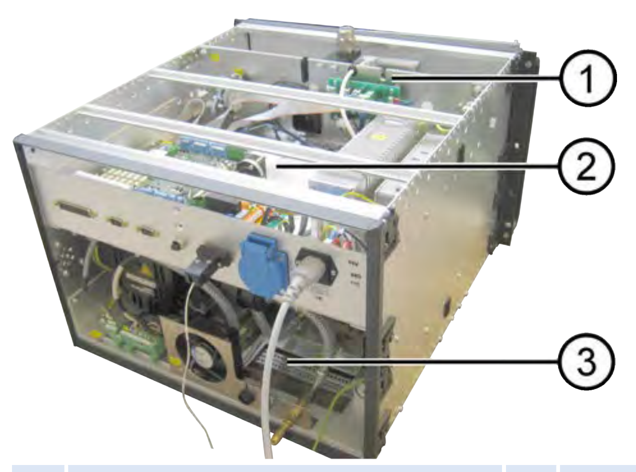
Abb. 4.3: Probenahmesystem (Übersicht)

4.6.2 Messgerät (Übersicht)



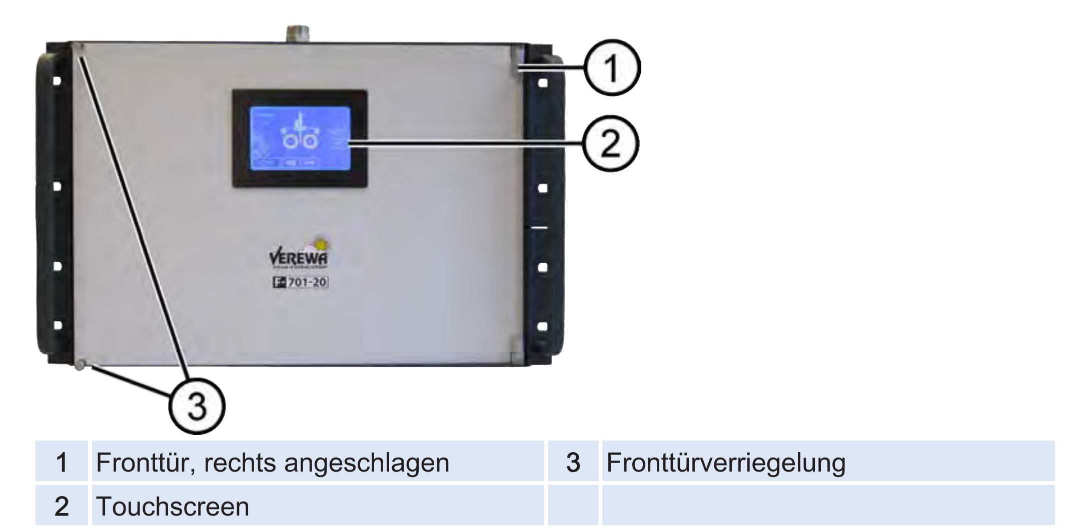
1	Modul: Montageplatte, Vorderseite	2	Teil der Fronttür, rechts angeschlagen (

Abb. 4.4: Messgerät-Innenansicht vorn



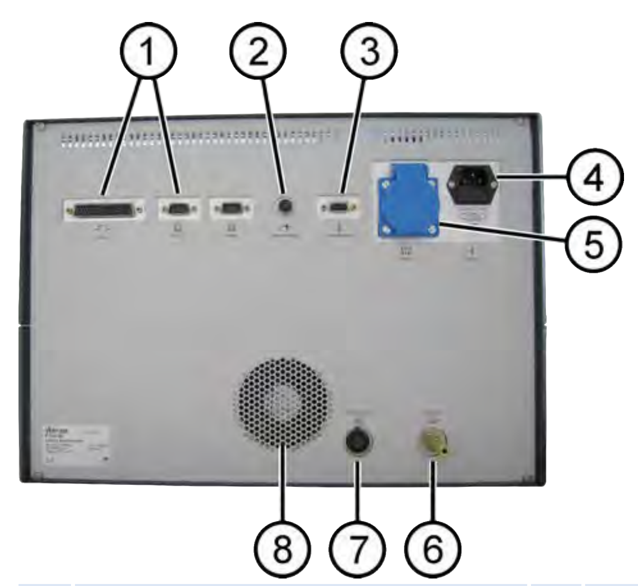
1	Modul: Montageplatte, Rückseite	3	Modul: Volumenstrom-Messung und -Regelung
2	Modul: Gerätesteuerung und Messwertberechnung		

Abb. 4.5: Messgerät-Innenansicht hinten



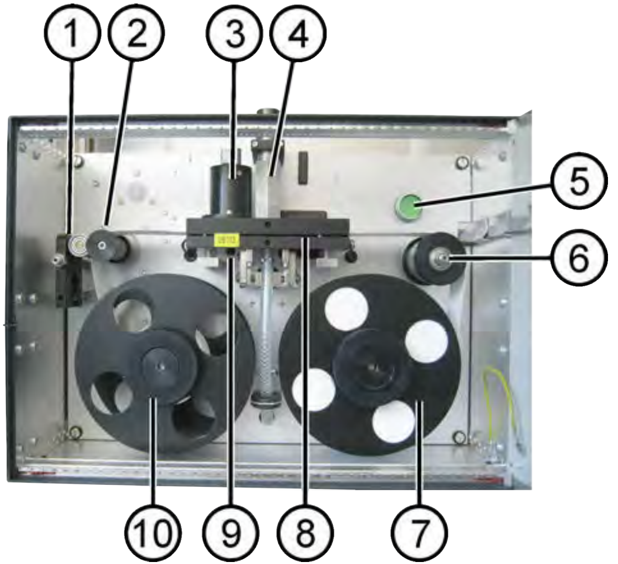
1	Fronttür, rechts angeschlagen	3	Fronttürverriegelung
2	Touchscreen		

Abb. 4.6: Frontansicht



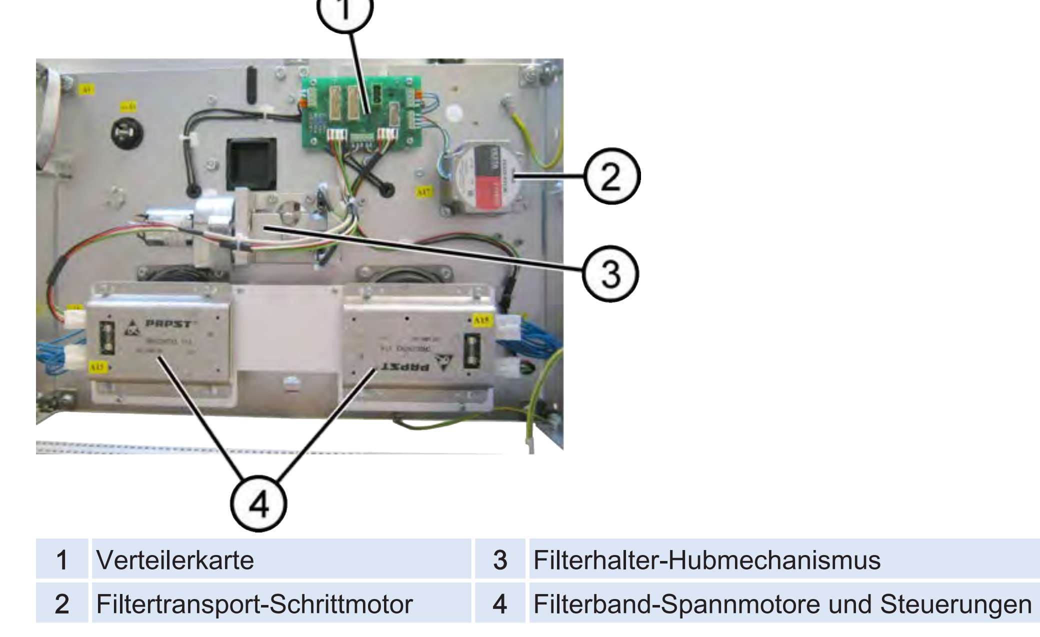
1	Datenausgänge	5	Spannungsversorgung für Sonden-rohrbegleitheizung
2	Meteorologie-Sensor	6	Messluftauslass
3	Temperaturfühler-Eingang	7	24V ⎓ für externen Lüfter
4	Netzeinspeisung	8	Gerätelüfter

Abb. 4.7: Rückansicht



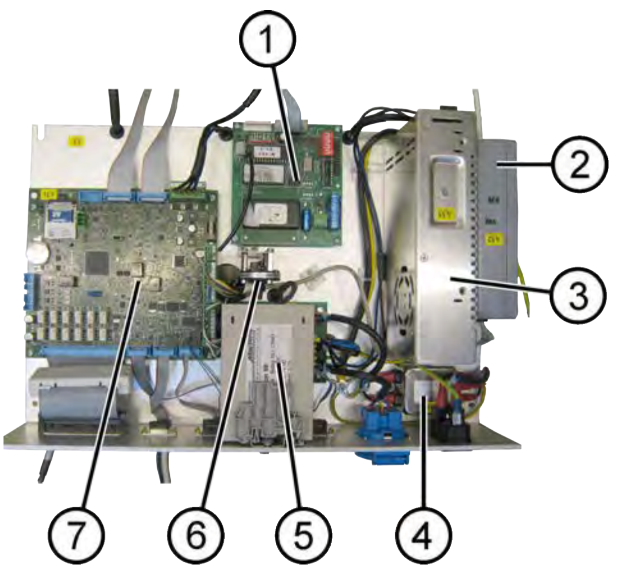
1	Filterandruckmechanismus	6	Umlenkrolle
2	Filtertransportrolle	7	Vorratsrolle mit Glasfilterband
3	GM-Zählrohr	8	Filterhalter, beheizt
4	Luft-Einlass	9	C-14 Strahler
5	Netzschalter	10	Aufwickelrolle

Abb. 4.8: Modul Montageplatte (Vorderseite)



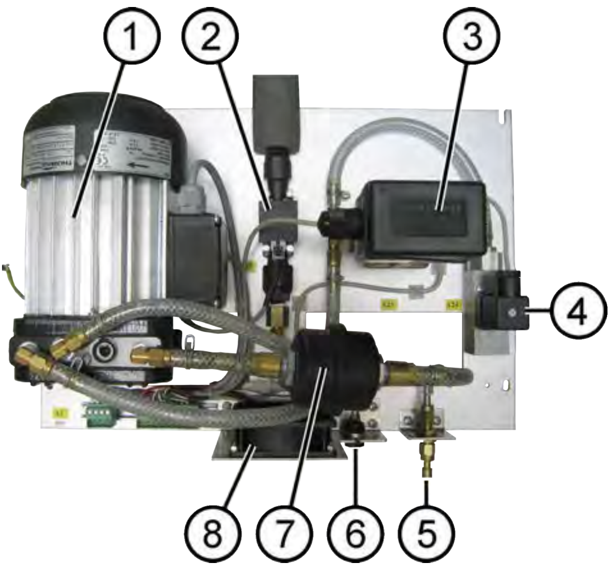
1	Verteilerkarte	3	Filterhalter-Hubmechanismus
2	Filtertransport-Schrittmotor	4	Filterband-Spannmotore und Steuerungen

Abb. 4.9: Modul Montageplatte (Rückseite)



1	Steuerung für Filterbanddrucker	5	Signalwandler 0-20mA zu 0-1V
2	Messverstärker für GM-Rohr	6	Absolutdruck-Sensor
3	Netzteil 24V ⎓	7	Gerätesteuerung
4	Netzeingangsfilter		

Abb. 4.10: Modul Gerätesteuerung und Messwertberechnung



1	Vakuumpumpe	5	Messgasauslass
2	Volumenstrommessung	6	24V ⎓ -Buchse
3	Bypass-Regelventil	7	Abluftfilter
4	Vakuumschalter	8	Gerätelüfter

Abb. 4.11: Modul Volumenstrom-Messung und –Regelung

4.7 Produktkennzeichnung

<table>
<tr><th colspan="2">Das Typenschild befindet sich:</th></tr>
<tr><td></td><td>am F-701-20 Gerätegehäuse
unten links an der Geräterückwand</td></tr>
</table>

Tab. 4.7: Wo befindet sich das Typenschild?

4.7.1 Information zum Typenschild

Die Angaben auf dem Typenschild (*Beispiele*) haben folgende Bedeutung:



Abb. 4.12: Typenschild

1	D-22453 Hamburg www.durag.de	Herstelleradresse, Homepage
2	SN 1234567:	Seriennummer
3	IP30	Schutzart
4	Dat.: 23.12.14	Herstellungsdatum (Baujahr)
5		Vor Beginn aller Arbeiten Betriebsanleitung lesen!
6		Konformitätserklärung, Bauartzulassung liegt vor
7	Tu: 0°…+40°C	zulässige Umgebungstemperatur
8	U: 230V~/2,9A	zulässige Betriebsspannung/Stromaufnahme
9	PN: 1234567	Artikelnummer (Bestellnummer)
10	F-701-20	Geräte Typbezeichnung
11	DURAG	Hersteller

Tab. 4.8: Beispiel Typenschild F-701-20



5 Montage und Inbetriebnahme

5 Montage und Inbetriebnahme

5.1 Sicherheit

GEFAHR



Hochspannung. Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr. Beschädigung der Isolation oder einzelner Bauteile kann lebensgefährlich sein.

- Bei Beschädigung der Isolation die Spannungsversorgung sofort abschalten und Reparatur veranlassen.
- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Vor Öffnen des Gehäuses bzw. Entfernen des Berührungsschutzes Netzkabel von der Stromversorgung trennen.
- Feuchtigkeit von spannungsführenden Teilen fernhalten. Diese kann zum Kurzschluss führen.

VORSICHT



Sachbeschädigung durch unautorisiertes Personal

Unsachgemäßer Umgang kann zu erheblichen Sachschäden führen.

- Arbeiten am F-701-20 nur von entsprechend qualifiziertem und ausgebildetem Personal durchführen lassen.

ACHTUNG

Beschädigung elektronischer Bauteile durch elektrostatische Entladung (ESD)

Elektronische Bauteile werden immer kleiner und komplexer. Damit steigt ihre Anfälligkeit gegen elektrostatische Entladungen. Zum Schutz dieser Komponenten müssen für alle Arbeiten am geöffneten Gerät Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen getroffen werden (ESD-Schutz).

Zur Vorbeugung statischer Aufladung des menschlichen Körpers können Servicemitarbeiter z.B. mit einem Personenerdungssystem ausgestattet werden.

VORSICHT



Verbrennungsgefahr (*nur bei Verwendung der optionalen Sondenrohrbegleitheizung*)

Das Heizband am Probenahmerohr kann eine Temperatur von ca. 50°C (122°F) erreichen. Es besteht Verbrennungsgefahr.

- Berühren Sie das heiße Probenahmerohr nicht ohne Schutzmassnahmen (z.B. hitzebeständige Handschuhe).
- Trennen Sie das F-701-20 Netzkabel von der Stromversorgung und warten Sie bis das Probenahmerohr abgekühlt ist.

5.1.1 Transport zum Einbauort

Vermeiden Sie grobe Stöße. Verwenden Sie zum Transport nach Möglichkeit die Originalverpackung: Die Originalverpackung gewährleistet einen sicheren Transport.

Bei großen Temperatur- oder Feuchtigkeitsschwankungen kann es durch Kondensation zur Feuchtigkeitsbildung innerhalb der Geräte kommen. Dadurch kann ein elektrischer Kurzschluss verursacht werden.
Warten Sie nach einem Transport der Geräte so lange mit der Inbetriebnahme, bis alle Geräte, auch im Inneren, die Umgebungstemperatur angenommen haben.

5.1.2 Qualifikation des Personals für Installation und Erstinbetriebnahme

Für Installation und Erstinbetriebnahme des Beta-Staubmeters ist qualifiziertes Personal (siehe Kapitel 2.4.1 Personal, Qualifikation [▶ 18]) erforderlich:

- **Fachpersonal,** und bei Elektroarbeiten **Elektrofachkraft** mit speziellen Kenntnissen über die Versorgungseinheit.
- **Servicetechniker** können ggfs. zur Unterstützung herangezogen werden.

Außerdem wird eine Unterweisung durch den Betreiber zu folgenden Bereichen vorausgesetzt:

- betriebsbedingte Gefahren und deren Vermeidung
- einschlägige Bestimmungen im Rahmen der übertragenen Arbeiten
- übertragene Aufgaben und mögliche Gefahren bei unsachgemäßem Verhalten

5.2 Überprüfung des Lieferumfanges

Nach dem Auspacken des Gerätes und aller Zubehörteile überprüfen Sie bitte anhand des Lieferscheins die Vollständigkeit der Lieferung.

Öffnen Sie die Fronttür und entfernen Sie die sichtbar werdenden Transportsicherungselemente.

Melden Sie alle Transportschäden sofort dem Spediteur und der DURAG GmbH. Verdeckte Transportschäden müssen innerhalb von 7 Tagen nach der Anlieferung reklamiert werden (siehe auch 3.2.3 Transportinspektion [▶ 25]).

5.3 Einsatz-Voraussetzungen

Voraussetzungen für den Einsatz des F-701-20 prüfen!
Anhand der folgenden Checkliste lässt sich die Eignung des Gerätes schnell und einfach feststellen.

Checkliste: Voraussetzungen für den Einsatz des F-701-20

☐	Liegt der Aufstellungsort des Gerätes in explosionsgefährdeten Räumen oder soll in explosiven Gasgemischen gemessen werden?	Das F-701-20 ist für diese Applikation nicht geeignet!
	Liegt der geplante Aufstellungsort im Außenbereich?	Das F-701-20 System ist für den Außenbereich nicht geeignet! Es wird eine Messstation oder ein anderer geeigneter Betriebsraum benötigt. (sehen Sie dazu auch 5.6 Betriebsbedingungen für das Messgerät (Analyseeinheit) [▶ 56])
☐	Mit welcher Umgebungstemperatur am Aufstellungsort des Gerätes ist zu rechnen?	Das F-701-20 ist einsetzbar bei Temperaturen von 0…+40°C (32…104°F).

☐	Mit welcher Temperatur für die Umgebungsluft der Probenahme ist zu rechnen?	Temperatur-Grenzwerte für die Umgebungsluft der Probenahme: -20…+50°C (-4…122°F).
☐	Welcher Umgebungsluftdruck ist zu erwarten?	Das F-701-20 ist einsetzbar bei einem Umgebungsluftdruck von 800…1300 hPa.
☐	Ist der geplante Aufstellungsort für das Gerät sowie der Bereich der Probenahme sicher für das Service-Personal?	Alle Teile des Messsystems müssen gefahrlos erreichbar sein. Dies gilt insbesondere für die Probenahme über Dächern. Die Probenahmeköpfe müssen (um zuverlässige Messergebnisse zu erhalten) regelmäßig gereinigt werden. Die gültigen länderspezifischen Vorschriften zur Unfallverhütung beachten.
☐	Ist ausreichend Raum am Aufstellungsort für das Gerät vorhanden?	Vor dem Gerät wird jederzeit ausreichend Platz zum problemlosen Öffnen der Fronttür. benötigt. Hinter dem Gerät wird ausreichend Platz für die Kabelanschlüsse benötigt. Hinter und unter dem Gerät wird Platz für eine ausreichende Wärmeabfuhr benötigt. (siehe auch Abb. 8.1 Geräteabmessungen und Abb. 8.2 Platzbedarf).
☐	Soll das Gerät in ein 19“-Rack eingebaut werden?	Das F-701-20 als oberstes Gerät in das Rack implementieren, da das Probenahmerohr direkt, ohne Knicke zum Probenahmeort geführt werden muss.

Tab. 5.1: Checkliste: Einsatz-Voraussetzungen F-701-20

5.4 Montagereihenfolge

1. Prüfen der Einsatzvoraussetzungen – Checkliste abarbeiten – siehe 5.3 Einsatz-Voraussetzungen [▸ 54].
2. Auswahl der Messstelle – siehe 5.6 Betriebsbedingungen für das Messgerät (Analyseeinheit) [▸ 56].
3. Bereitstellen der Energieversorgung und Datenleitungen – siehe 5.5 Hinweise zur Planung der elektr. Anschlüsse des Systems [▸ 56].
4. Bei Bedarf: Erstellen der Dachöffnung.
   Bei Verwendung eines Doppelrohrsystems mit Dachdurchführung beachten, dass das Probenahmerohr nicht mittig zur Dachdurchführung angeordnet ist.
5. Aufstellen des F-701-20 oder
   Montage in einem 19“-Rack (als oberstes Gerät).
6. Montage des einfachen *oder* doppelwandigen Probenahmesystems – siehe 5.8.1 Probenahme [▸ 57] ff.
7. Elektrischen Anschluss und benötigte Schnittstellenstecker an der Geräterückseite einstecken. Informationen zur Steckerbelegung finden Sie im Kapitel 5.9 Elektrischer Anschluss [▸ 62].
8. Dichtigkeit des gesamten Messsystems prüfen – siehe 5.8.3 Dichtheit [▸ 60].
9. Die Konfiguration/ Parametrisierung der Messeinheit ist bereits werkseitig erfolgt. Vergleichen Sie die mitgelieferte *gerätespezifische* Parameterliste mit den aktuellen Einstellungen des F-701-20. Eine Beispiel-Parameterliste ist in Kapitel 8.3.1 Parameterliste [▸ 122] abgebildet.

Eine kundenseitige Parametrierung ist notwendig, wenn eine Änderung der Gerätekonfiguration (z.B. andere Sensoren) nach Auslieferung erfolgt oder Änderungen im Messregime [▸ 129] vorgenommen werden sollen.
Informationen zur Geräte-Konfiguration finden Sie im Kapitel 6.3.3 Parametrier-Modus (Geräte-Einstellungen) [▸ 76] ff.

5.5 Hinweise zur Planung der elektr. Anschlüsse des Systems

Der elektrische Anschluss des F-701-20 Messsystems erfolgt durch Kabel mit vorkonfektionierten Gerätesteckern. Die Steckerbelegung finden Sie im Kapitel 5.9 Elektrischer Anschluss [▸ 62].

Die Kabel für Netz- und Datenleitungen sollen getrennt verlegt werden.

Die Netzversorgungsleitung bis zum F-701-20 in H 07 RR – U 3 G 1,5 oder gleichwertig ausführen. Das Leiter- und Mantelmaterial muss den Bedingungen am jeweiligen Einsatzort entsprechen. Zur Absicherung der Versorgungsleitung einen 16A-Sicherungsautomat möglichst in der Nähe des Messsystems installieren. Den Automaten so beschriften, dass er (ggfs. auch als Trennvorrichtung) dem Gerät zugeordnet werden kann.

Ein Netzkabel mit Kaltgerätestecker kann mitbestellt werden (siehe auch 3.3.2 Optionale Ausstattung [▸ 29]).

Angaben zum Strom- bzw. Leistungsbedarf des F-701-20 finden Sie im Kapitel 8.1 Technische Daten [▸ 117].

Die Verdrahtung für die Datenübermittlung zwischen dem Messsystem und der Kundenschnittstelle im Kontrollraum (PLS [▸ 129]) erfolgt mit geschirmter Datenleitung. Um alle an der 50−poligen Sub−D−Schnittstelle anliegenden Signale zu übertragen, werden 13 Adernpaare benötigt (Empfehlung: z.B. J−2Y(ST)Y…ST III BD 20 x 2 x 0,6 mm, paarweise verseilt, Betriebskapazität max. 52 nF/km).

Schirmung (nur) einseitig über den entsprechenden Steckeranschluss am Gerät auflegen.

5.6 Betriebsbedingungen für das Messgerät (Analyseeinheit)

Beim Einsatz eines F-701-20 müssen die technischen Betriebsbedingungen des Messgerätes erfüllt werden (siehe Technische Daten und 4.4 Anwendungsbereiche, bestimmungsgemäßer Gebrauch [▸ 42]). Die Standardausführung grundsätzlich nicht im Freien betreiben, sondern in Arbeitsräumen, Messstationen und sonstigen geeigneten Betriebsräumen. Je nach Messaufgabe kann der Probenahme-Einlass zur Atemluftüberwachung in Räumen *oder* im Freien positioniert werden. Hierzu werden auch Montagehilfen und Dachdurchführungen angeboten. Das F−701−20 vor Feuchtigkeitseinfluss schützen (IP30). Beachten Sie den zulässigen Umgebungstemperaturbereich. Bestehen höhere Ansprüche an die Betriebsbedingungen (im Freien, erweiterter Temperaturbereich, unbemannter Betrieb,...), sind optionale Sonderausrüstungen erforderlich.

Das F−701−20 kann als **Tischgerät** oder als **Geräteeinschub** in einem 19“ Schrank verwendet werden. In beiden Fällen darauf achten, dass das Gerät auf einer waagerechten Unterlage betrieben wird und das senkrecht geführte Probenahmerohr vom Gerätedeckel aus ohne Hindernisse oder Umlenkungen bis zum Probenahmepunkt geführt werden kann. Bei Verwendung als Einschub in einem 19“ Schrank mit mehreren Messgerätekomponenten, das F−701−20 an oberster Stelle installieren. Das Gerät aufgrund seines Gewichtes zusätzlich auf seitlich angebrachte Gleitwinkel stellen.



Darauf achten, dass die Wärmeabführung aus dem Geräteinneren durch Umbauungen oder Ablagen nicht verhindert wird.
Lüftungsschlitze in Geräteboden und Rückwand immer offen halten!

5.7 Wahl des Messortes (Probenahmekopf)

Die Aufstellung des Gerätes und damit des Probenahmekopfes gemäß den Forderungen der DIN EN 12341:2014 vornehmen.
Siehe dazu auch Abb. 8.3 .

Insbesondere darauf achten, …

- dass die Messumgebung um den Einlass herum frei von Gegenständen und sonstigen baulichen Gegebenheiten ist,
- dass der Messort nicht durch extreme Luftströmungen belastet und die Staubsammlung dadurch verfälscht wird.

5.8 Zusammenbau und Inbetriebnahme

5.8.1 Probenahme

Es werden zwei verschiedene Probenahmesysteme angeboten mit einem einfachen und einem doppelwandigen Probenahmerohr. Letzteres wird für PM2.5-Messungen empfohlen.

5.8.1.1 Einfaches Probenahmesystem

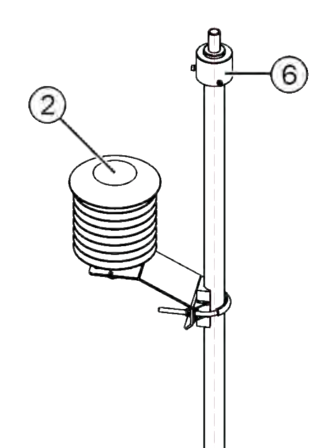
(siehe auch Abb. 4.2).
In der Regel ist der Zusammenbau von Gerät und einfachem Probenahmerohr problemlos.

1. Das Probenahmerohr vorzugsweise von oben zusammen mit dem Kabel vom PT100-Temperatursensor (sofern vorhanden) in den Mess-/ Betriebsraum durch die ggf. mitgelieferte Dachdurchführung einführen.
2. Danach das Probenahmerohr mittels der Überwurfmutter am Gaseinlass des Gerätes verschrauben.
3. Im Außenbereich den Probenahmekopf auf das Rohrende stecken und verschrauben.
4. Den PT100−Temperatursensor wie in Abb. 4.2 gezeigt im Sonnenschutz befestigen.

Wenn mit größeren Temperaturunterschieden zwischen Außenluft und Innenraum zu rechnen ist, wird eine Sondenrohrbegleitheizung wie in Abb. 4.2 gezeigt im Bereich des ggf. klimatisierten Aufstellungsraumes des Gerätes um das Probenahmerohr gewickelt. Der zweite PT100−Temperatursensor wird dabei zwischen Heizband und Rohr geklemmt. Die Begleitheizung und die Kabel mit Kabelbindern sichern.

5.8.1.2 Doppelwandiges Probenahmesystem

Der Aufbau mit einem doppelwandigen Probenahmesystem ist aufwändiger als mit dem einfachen Probenahmesystem.





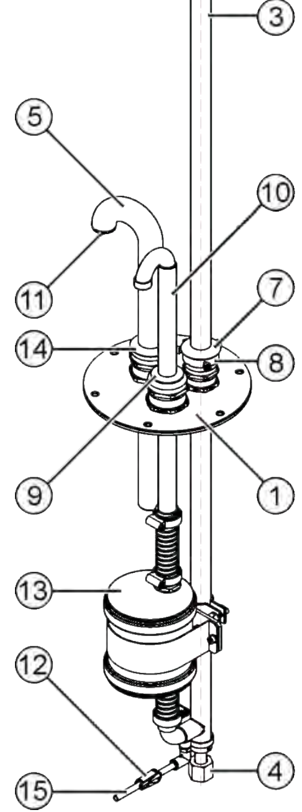


Abb. 5.1: Doppelwandiges Probenahmesystem

1	Dachflansch	9	Kragen Nr. 1
2	Wetterschutz	10	Abluftrohr
3	Schutzrohr	11	Stopfen
4	Probenahmerohr	12	Schlauchklemme
5	Kabelrohr	13	Lüftereinheit
6	Abschirmung für den Lufteintritt	14	Kragen Nr. 2
7	Kragen Nr. 3	15	PVC-Schlauch
8	Klemmring		

Tab. 5.2: Legende doppelwandiges Probenahmesystem

Gehen Sie wie folgt vor:

1. Das Probenahmerohr wird bereits vormontiert mit Schutzrohr (3) und Probenahmerohr (4) geliefert. Zur Montage auf dem Dach zunächst die Abschirmung für den Lufteintritt (6) durch Lösen der drei Innensechskantschrauben entfernen.
2. Schutzrohr von unten durch eine der M50-Verschraubungen am Dachflansch (1) stecken und in seine ungefähre Endposition bringen. Mutter der Verschraubung so weit anziehen, dass sich die Position nicht mehr von selbst verschieben kann.
3. Große Dichtung auf das Dach legen und das Rohr mit dem Bogen voran von oben durch die Dachöffnung stecken. Darauf achten, dass sich die Bohrungen im Dachflansch mit den Bohrungen in der Dichtung decken.
4. Gegebenenfalls die Rohrlänge nach unten oder nach oben korrigieren, so dass das Probenahmerohr am F-701-20 montiert werden kann. Beachten, dass die Rohrposition nicht mittig zur Dachdurchführung liegt. Mutter der Verschraubung mit einem Drehmomentschlüssel festziehen.
   Maximales Drehmoment für M50 x 1,5 = 20 Nm.
5. Dachflansch verschrauben.
6. Probenahmerohr (4) am dafür vorgesehenen Gaseinlass am F-701-20 verschrauben. Darauf achten, dass der Rohrbogen in Richtung der Rückwand des Messgerätes zeigt.
7. Klemmring (8) von oben auf dem Schutzrohr (3) bis auf die Verschraubung am Dachflansch schieben und mittels der Innensechskantschrauben arretieren.
8. Kragen Nr. 3 (7) bis auf den Klemmring schieben, so dass Regenwasser abfließen kann.
9. Kragen Nr. 1 (9) auf das gerade Ende des Abluftrohres (10) schieben.
10. Abluftrohr (10) von oben durch die M40-Verschraubung am Dachflansch schieben, bis das Rohr hinreichend weit nach unten reicht. Mutter der Verschraubung mit einem Drehmomentschlüssel festziehen.
    Maximales Drehmoment für M40 x 1,5 = 18 Nm.
11. Kragen Nr. 1 (9) so weit wie möglich nach unten auf die Verschraubung am Dachflansch (1) schieben, so dass Regenwasser ablaufen kann.
12. Wetterschutz (2) am Schutzrohr (3) befestigen. Der Meteorologie-Sensor soll sich später unmittelbar unterhalb des Probenahmekopfes befindet.
13. Abschirmung für den Lufteintritt (6) wieder auf dem Schutzrohr (3) befestigen. Dazu die Innensechskantschrauben durch die entsprechenden Löcher im Schutzrohr führen und durch wechselseitiges Schrauben das Probenahmerohr (4) im Schutz-

rohr (3) zentrieren.
Das Probenahmerohr muss dabei 30 mm aus dem Schutzrohr herausragen. Dies lässt sich überprüfen, indem der Probenahmekopf kurzzeitig mit aufgesetzt wird. Der Rohrstutzen des Probenahme-Kopfes (oder des Adapters für Probenahme-Köpfe) liegt bei richtiger Montage direkt auf der Abschirmung für den Lufteintritt (6) auf. Gegebenenfalls die Position der Abschirmung für den Lufteintritt (6) auf dem Probenahmerohr (4) entsprechend korrigieren.

14. Von der Krümmung in Richtung gerades Rohrende vorsichtig das Kabel des Meteorologie-Sensors mit dem kurzen Stecker voran durch das Kabelrohr (5) schieben. Kragen Nr. 2 (14) auf das gerade Rohrende schieben.
15. Gerades Rohrende des Kabelrohrs (5) mit dem Kabel voran so weit durch die noch freie M50-Verschraubung am Dachflansch (1) schieben, wie es die Dicke der Dachkonstruktion erfordert. Das Kabel im Innenraum großzügig bis zur Rückwand des F-701-20 führen. Mutter der M50−Verschraubung mit einem Drehmomentschlüssel festziehen.
Maximales Drehmoment für M50 x 1,5 = 20 Nm.
16. Kragen Nr. 2 (14) so weit wie möglich nach unten auf die Verschraubung am Dachflansch (1) schieben, so dass Regenwasser ablaufen kann.
17. Hygroclip-Sensor auf den Kabelstecker (lang) aufstecken, in die Wetterschutzhaube einführen und festschrauben.
18. Kabel mittels Kabelbinder am Schutzrohr (3) befestigen und das restliche Kabel ins Innere der Messstation ziehen. Kabel im Rohr mit dem mitgelieferten Stopfen (11) sichern.
19. Kabel mit dem Stecker in die dafür vorgesehene Buchse mit der Bezeichnung „Meteorology“ an der Rückseite des F-701-20 einstecken und arretieren.
20. Probenahmekopf auf dem Probenahmerohr montieren.
21. PVC-Schlauch (15) in den L-förmigen Schlauchanschluss am unteren Ende des Schutzrohres (3) führen und durch leichtes kurzes Ziehen arretieren.
22. Schlauchklemme (12) über den Schlauch schieben und schließen.
23. Lüftereinheit (13) mit der Schelle am Schutzrohr über dem F-701-20 befestigen. Der kurze Schlauch muss anschließend problemlos über den Ausgang des Rohrbogens am Schutzrohr (3) geschoben und mittels der Schlauchschelle befestigt werden können.
24. Schlauch für die Abluft am zweiten Rohrstutzen an der Lüftereinheit (13) mit der entsprechenden Schlauchschelle befestigen. Das andere Schlauchende zum Abluftrohr (10) führen und dort ebenfalls mit einer Schlauchschelle befestigen. Gegebenenfalls den Schlauch kürzen.
25. Stromversorgungskabel der Lüftereinheit (13) in der Rückwand des F-701-20 in die dafür vorgesehenen Buchse („external fan“) einstecken. Der Lüfter wird mit dem Gerät ein- und ausgeschaltet.
26. Schutzrohr im Inneren der Messstation mit der mitgelieferten Isolation dämmen. Isolation gegebenenfalls auf die erforderliche Länge zurechtschneiden. Isolation vom Dach mindestens bis auf den unteren Rohrbogen, besser bis zum Gerätedeckel aufbringen.
27. Geräteanschlusskabel in die Stromversorgung einstecken und einschalten (Einschalter siehe Abb. 4.8 Punkt 5). Im Display erscheint das in Abb. 6.1 gezeigte Hauptmenü.

5.8.2 Sensoren

Bevor Sie mit den Messungen beginnen, prüfen Sie bitte die Parametrierung und Funktion der angeschlossenen Sensoren. Sollte es Abweichungen zu den tatsächlichen Werten (z.B. Stationswerten) geben, nutzen Sie bitte die Möglichkeiten im Menü

„Justage“, um die Messung von Umgebungsluftdruck und Umgebungstemperatur zu korrigieren. Wie das gemacht wird, erfahren Sie im Kapitel 6 Bedienung des F-701-20 [▶ 71].

Sind keine Sensoren angeschlossen, setzen Sie im Menü „Parameter“ die Ersatzwerte für Temperatur und Luftdruck auf die mittleren Werte für Umgebungsluftdruck und Umgebungstemperatur (zu erwartende Tagesmittel). Dies ist wichtig, um einen möglichst exakten Volumenstrom von 1m³/h aufrecht zu erhalten. Änderungen in Temperatur und Luftdruck werden in diesem Fall allerdings nicht berücksichtigt.

5.8.3 Dichtheit

Um die Dichtheit des Messsystems zu prüfen wie folgt vorgehen:

1. Auf dem Probenahmerohr darf kein Probenahmekopf montiert sein. Einen Stopfen o.Ä. zum Verschließen des Ansaugrohres bereithalten.
2. Gerät einschalten. Im Menü „Parameter“ für den „Modus Start“ den Wert „Automatisch“ wählen. Das Gerät beginnt sofort mit einer Messung.
3. Warten, bis die Pumpe arbeitet und das Gerät einen Volumenstrom von ca. 1000 l/h anzeigt.
4. Probenahmerohr mit bereitgehaltenem Stopfen verschließen.
5. Anzeige des Volumenstroms auf dem Display beobachten. Der Wert muss unter 10 l/m³, idealerweise auf 0 l/h sinken. Ist das der Fall, ist das System ausreichend dicht.
6. Stopfen so schnell wie möglich wieder entfernen. (Das Gerät schaltet die Pumpe sonst wegen des zu hohen Unterdruckes mit einer Fehlermeldung ab.) Warten bis das Gerät wieder den vorgeschriebenen Volumenstrom von 1000 l/h eingeregelt hat. Dies kann einige Minuten dauern.
7. Im Menü “Parameter“ den Wert für „Modus Start“ wieder auf „60 Min“ zurücksetzen.
8. Test durch Ausschalten des Gerätes beenden.
9. Probenahmekopf auf dem Probenahmerohr montieren.
10. Im Falle einer Undichtigkeit die Verbindung zwischen Probenahmerohr und Gerät prüfen. Das Rohr muss gerade, ohne Verbiegen und mechanische Spannungen auf dem Ansaugstutzen des Gerätes aufliegen.

Wie sie in die Menüs gelangen und Parameter ändern erfahren Sie im Kapitel 6 Bedienung des F-701-20 [▶ 71].

5.8.4 Volumenstrom

Werksseitig wird das Gerät so eingestellt, dass der Volumenstrom in Abhängigkeit von Umgebungsluftdruck und Umgebungstemperatur auf einen Wert von 1000 l/h geregelt wird. Dazu müssen Temperatur und Luftdruck mittels der o.g. Sensoren gemessen werden. Eine zusätzliche Kalibration des Volumenstroms vor Ort ist i.A. nicht notwendig und kann zu Fehleinstellungen führen, die sich nachteilig auf die Messgenauigkeit auswirken können.

Eine Überprüfung vor Ort kann mit einem kalibrierten Volumenstrom-Messgerät wie folgt durchgeführt werden:

1. Für die Kalibration des Volumenstroms gegebenenfalls zunächst Sensoren zur Messung von Temperatur und Luftdruck am Gerät anschließen.
2. Gerät ausschalten.
3. Vorhandenen Probenahmekopf entfernen und stattdessen kalibriertes Volumenstrom-Messgerät am Probenahmerohr montieren.

4. Gerät einschalten und im Menü „Parameter“ den Parameter „Mode Start“ auf „Manuell“ oder „Automatisch“ setzen. Letzteres führt sofort und nach jedem Einschalten des Gerätes zum Start eines Messzyklus und damit zum Einschalten der Pumpe.
5. Im Hauptmenü die Anzeige der Messwerte für Temperatur und Luftdruck überprüfen.
6. Mindestens 10 Minuten warten, bis beide Geräte, das F-701-20 und das kalibrierte Volumenstrom-Messgerät sich den Umgebungsbedingungen angepasst haben. Das F-701-20 sollte nun einen Volumenstrom von 1000 ±5 l/h anzeigen.
7. Anzeige am F-701-20 mit dem Messwert des kalibrierten Volumenstrom-Messgerätes vergleichen. Ist die Abweichung größer als 5 l/h, den Volumenstrom mittels Parameter „Span Volumen“ im Menü „Justage“ korrigieren. Dazu den neuen Span-Wert gem. Gleichung GL4 berechnen.

$$SV_{neu} = SV_{alt} \cdot \frac{VS_M}{VS_{F\text{-}701\text{-}20}}$$

mit: SV_{neu}	neuer Wert für Parameter „Span Volumen“
SV_{alt}	vorhandener Wert für Parameter „Span Volumen“
VS_M	Volumenstrom von einem kalibrierten Volumenstrom-Messgerät
$VS_{F\text{-}701\text{-}20}$	Volumenstrom, angezeigt vom F-701-20

Tab. 5.3: (GL4) Span Volumen neu bestimmen

5.9 Elektrischer Anschluss

An der Geräterückseite befinden sich die Anschlussmöglichkeiten für Stromversorgung, für Mess- und Statussignale und für externe Geräte zur Steuerung und Messdatenaufzeichnung.



Alle folgenden Abbildungen der Anschlüsse sind aus der Sicht des Betrachters dargestellt, der von außen auf die Rückwand sieht.

In der folgenden Abbildung ist die Pinbelegung für die Ausgabebuchse (50-poliger Sub-D-Steckverbinder) beschrieben.

Abb. 5.2: F-701-20 Geräteschnittstelle / mA Ausgänge/ Statussignale („Data“)

Der 50- polige Sub-D-Steckverbinder befindet sich auf der Rückseite des Gerätegehäuses (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 1, Anschluss links) und ist mit „Data“ bezeichnet. Die Signale haben im Einzelnen folgende Bedeutung:

Name	Funktion	Pin-Nr.
Gerät ein	nach „Power-On-Check“	01, 04
Messwert liegt an	Schaltkontakt ist geschlossen	07, 10
Nullpunkt, Referenz oder Folie-Wert liegt an	Schaltkontakt ist geschlossen	19, 22
Messbereichsfehler	bei Über- oder Unterschreitung des eingestellten Konzentrationsmessbereiches	03, 49
Volumenstromfehler	Statusanzeige wenn der gemessene Volumenstrom den Bereich zwischen 950 und 1050 Liter/h für eine Zeit von mehr als 30 zusammenhängenden Sekunden verlässt.	06, 09
Filterriss	Falls kein Filterpapier zwischen Beta-Strahler und Geiger- Müller-Rohr ist, steigt die Impulsrate. Steigt die Impulsrate über 138.000 Impulse pro Minute, so geht das Gerät in den Standby-Zustand. Das Filterpapier muss erneuert werden. Filterriss wird automatisch deaktiviert, wenn die Impulsrate <100.000 Impulse pro Minute erreicht.	18, 22
Vakuumfehler	Falls der Unterdruck hinter dem Filter während des Absaugvorganges mehr als 0,4 bar beträgt, wird die Ansaugung auf dem aktuellen Staubfleck beendet und die bis dahin gesammelte Staubmenge bestimmt. In Abhängigkeit vom Messregime [▸ 129] wird die Staubsammlung ggf. auf einem neuen Filterfleck automatisch fortgesetzt.	24, 27
Sammelstörung	„ODER“- Verknüpfung, falls eine der Fehlermeldungen Messbereichsfehler, Volumenstromfehler, Filterriss oder Vakuum-Abbruch ansteht.	12, 15
Out 2	Spannungsausgang 0... 1V (Option)	35, 38
Messwert 1	Stromausgang 4...20 mA für die Staubkonzentration in µg/m³ (Standard). Die Skalierung des Messbereichs ist parametrierbar. Andere Ausgabegrößen sind möglich.	47, 50
Messwert 2	Stromausgang 4...20 mA für die Masse in µg (Standard). Die Skalierung des Messbereichs ist parametrierbar. Außer der Masse lassen sich hier ebenfalls die Konzentration, die Temperatur der Umgebungsluft, der Luftdruck und weitere Parameter ausgeben.	41, 44
IN0	Unbelegt	02, 14
IN1	Unbelegt	05, 14
IN2	Eingang für „Start des Messzyklus über Kontakt“. Wird dieser Kontakt belegt, muss diese Funktion geräteseitig parametriert werden (siehe Kapitel 6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77], Parameter).	08, 14

Tab. 5.4: Signal-Beschreibung für den 50-poligen Sub-D-Steckverbinder

In der folgenden Abbildung ist die Pinbelegung für die E/A-Buchse der seriellen RS232-Schnittstelle (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 1, Anschluss rechts) dargestellt.

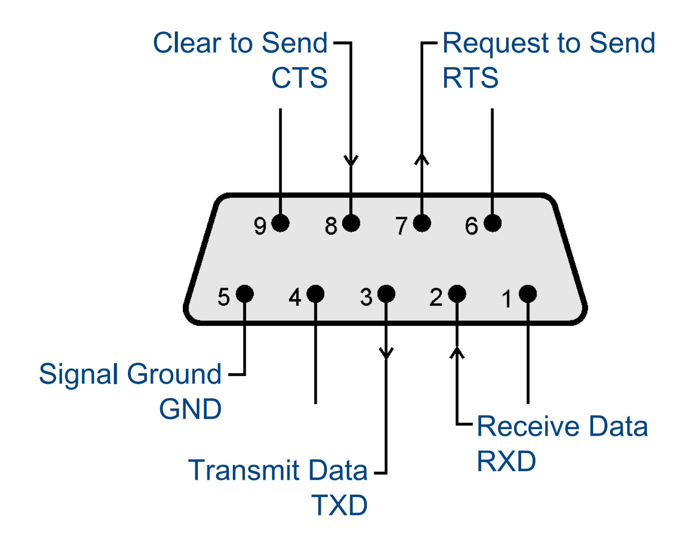


Abb. 5.3: Serieller RS232 Anschluss zwischen PC/Drucker und F-701-20 („RS232“)

Über ein Interface-Kabel wird beispielsweise ein PC angeschlossen, der die entsprechende Kommunikationssoftware (z.B. HyperTerminal – Hilgraeve®) enthält. Es besteht nun die Möglichkeit, Messdaten, Parametereinstellungen sowie Fehlerstatusmeldungen auszulesen und auszuwerten.
Siehe auch:

- 6.6.3 Terminalprogramm [▶ 97]
- 6.6.2 Daten über RS232 Schnittstelle auslesen [▶ 92]

In der folgenden Abbildung ist die Pinbelegung für die E/A-Buchse der seriellen RS485-Schnittstelle (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 1, Anschluss rechts neben der RS232-Schnittstelle) dargestellt.

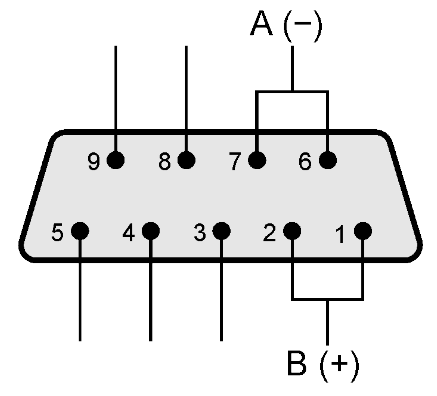


Abb. 5.4: MODBUS Anschluss zwischen PC und F-701-20 („RS485“)

Diese Schnittstelle ist in Vorbereitung und kann nicht parametriert werden.

Die RS485-Schnittstelle ist für die Modbus-Kommunikation des F-701-20 vorgesehen.

Optional kann beim F-701-20 für die Messung der Umgebungstemperatur am Probenahmekopf ein PT100 an den Anschlüssen 1 und 6 des 9-poligen Sub-D-Steckers mit der Bezeichnung „Temperature" (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 3) angeschlossen werden. Die Temperaturmessung ist für die Durchflusssteuerung der internen Vakuumpumpe in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur unabdingbar. Der Durchfluss am Probenahmekopf ist dann 1 m³/h unabhängig von der Umgebungstemperatur.

Diese Option ist mit fertig konfektioniertem Stecker erhältlich.

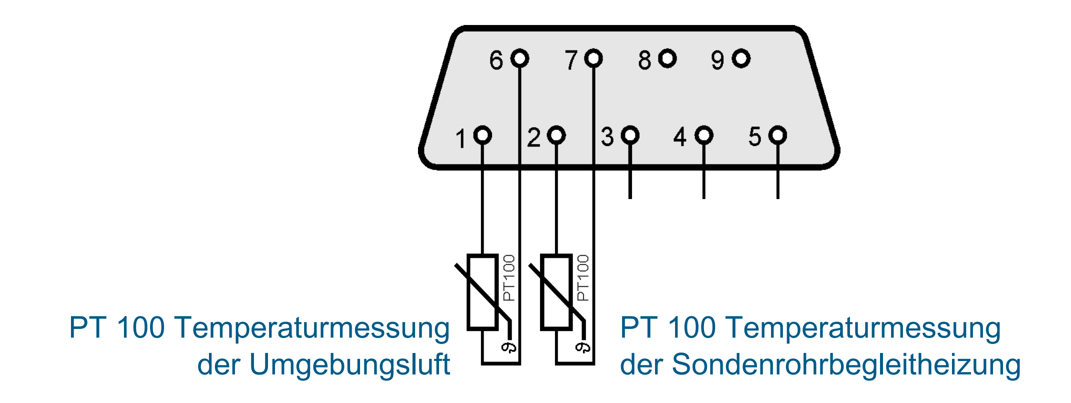


Abb. 5.5: Schnittstelle für optionale Temperaturmessung beim F-701-20 („Temperature")

Eine weitere Option des F-701-20 ist die Sondenrohrbegleitheizung. Diese Installation ist notwendig, wenn die Feuchtigkeitskonzentration in der Umgebungsluft sehr hoch ist und kein aktiv belüftetes Probenahmesystem zur Verfügung steht.

Die Temperatur des Heizbandes wird durch einen PT100 an den Anschlüssen 2 und 7 des 9-poligen Sub-D-Steckers mit der Bezeichnung „Temperature" (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 3) gemessen und geregelt. Diese Option ist mit fertig konfektioniertem Stecker erhältlich.



Abb. 5.6: Anschluss für Sondenrohrbegleitheizung beim F-701-20 („Heater")

Die Energieversorgung des Heizbandes (wird mit vorkonfektioniertem Stecker-Typ F oder CEE 7/4 geliefert) wird über die Steckdose mit der Bezeichnung „Heater" vorgenommen.

Beachten Sie für die Montage des Heizbandes der Sondenrohrbegleitheizung und der Sensoren für Umgebungstemperatur und Heizbandtemperatur auch das Kapitel Abb. 4.2 .

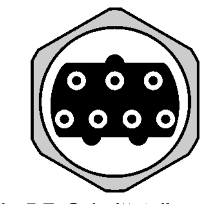


Abb. 5.7: Schnittstelle Meteorologie

Alternativ kann zur Messung der Temperatur und der relativen Feuchte der Außenluft ein Sensor in einer Wetterhütte in Höhe des Probenahme-Einlass‘ montiert werden. Das Verbindungskabel des Sensors wird an der Rückseite des Gerätes an dem mit „Meteorology“ (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 2) bezeichneten Stecker angeschlossen. Diese Option wird mit fertig konfektioniertem Stecker geliefert.

In der nebenstehenden Abbildung ist der Steckverbinder „Meteorology“ dargestellt.

Zur Verwendung der Sensor-Messwerte für die Reglung des Volumenstroms oder auch der Filterhalter-Temperatur muss ggfs. eine entsprechende Parametrierung vorgenommen werden (siehe auch Kapitel 6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77] Service, Sensoren, Sensor Luft T ff.).

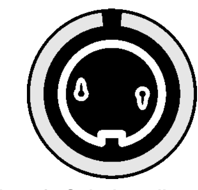


Abb. 5.8: Schnittstelle External fan

Wird das doppelwandige Probenahmesystem mit aktiver Belüftung eingesetzt, muss das Lüfterkabel an der dafür vorgesehenen Buchse mit der Bezeichnung „External fan“ an der Rückseite des Gerätes (siehe auch Abb. 4.7 Punkt 7) angeschlossen werden. Diese Option ist mit fertig konfektioniertem Stecker erhältlich.

5.10 Maßnahmen vor der Erstinbetriebnahme

Sind die Voraussetzungen für den Betrieb erfüllt?

Anhand der folgenden Checkliste lässt sich schnell und einfach feststellen, ob alle für den Betrieb des F-701-20 notwendigen Schritte durchgeführt wurden.

Checkliste: Voraussetzungen für den Betrieb des F-701-20

◻	Ist das F-701-20 vor Wetter- und Umwelteinflüssen geschützt (z.B. in einer Messstation oder in einem anderen Betriebsraum untergebracht) ?
◻	Sind die Energieversorgung und alle weiteren benötigten Geräteanschlüsse sichergestellt und betriebsbereit?
◻	Sind die Überwurfmuttern der Rohr- und Schlauchanschlüsse festgezogen und die Verbindungen gasdicht? Ist das Probenahmesystem (über die Steckverbinder und Rohranschlüsse) an der Messeinheit angeschlossen? Sind die Schrauben der Steckeranschlüsse festgedreht und die Verbindungen damit gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert?
◻	Wurde die Einstellung der Geräteparameter kontrolliert? Wurden bei Veränderung der Gerätekonfiguration (z.B. andere oder zusätzliche Sensoren) die Geräteparameter angepasst und/oder ergänzt? In Kapitel 6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77] ist der Umgang mit der Software beschrieben. Sind die neuen Einstellungen ggfs. nach der Eingabe auch gespeichert worden?
◻	Bei Bedarf: Besteht die Verbindung zur Kundenschnittstelle im Kontrollraum?
◻	Bei Bedarf: Wurde die Datenübergabe zur Kundenschnittstelle getestet und ist OK?
◻	Sind die ermittelten und angezeigten Messwerte plausibel?

Tab. 5.5: Checkliste: Voraussetzungen für den Betrieb des F-701-20

VORSICHT



Sachbeschädigung durch unautorisiertes Personal

Unsachgemäßer Umgang kann zu erheblichen Sachschäden führen.

- Arbeiten am F-701-20 nur von entsprechend qualifiziertem und ausgebildetem Personal durchführen lassen.

5.11 Erstes Einschalten des Gerätes

Nach vollständiger Montage des Messsystems und eventueller Konfiguration mit Hilfe der Software kann das Messsystem in Betrieb genommen werden. Dazu ist das F-701-20 mit einem Schalter versehen (siehe Abb. 4.8 Punkt 5).

Bei Standardparametrierung geht das Gerät nach Einschalten sofort in den normalen Messbetrieb über.

5.12 Demontage und Entsorgung

5.12.1 Demontage

GEFAHR



Hochspannung. Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr.

- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Vor Öffnen des Gehäuses bzw. Entfernen des Berührungsschutzes Netzstecker ziehen.



1. Den Netzstecker des F-701-20 ziehen.
2. Alle angeschlossenen Steckverbindungen lösen.
3. Probenahmerohr mit Probenahmeköpfen deinstallieren.
4. Verwendete Leitungen entfernen.
5. F-701-20 Messsystem beim Betreiber organisatorisch aus dem Gesamtsystem entfernen.

5.12.2 Entsorgung

Nach dem das Gebrauchsende erreicht ist, muss das Produkt einer umweltgerechten Entsorgung zugeführt werden.



Der **C14−Strahler** unterliegt bei seiner Entsorgung den Richtlinien des internationalen Atomgesetzes in seiner jeweiligen nationalen Harmonisierung (z.B. in Deutschland: Strahlenschutzverordnung).
Dort wird die Vorgehensweise für die Entsorgung des Strahlers national geregelt.

(C14-Strahler siehe auch Abb. 4.1)

Haben Sie Fragen zur Entsorgung, wenden Sie sich bitte an das Support & Service Team der DURAG GmbH. Die Adressen und Telefonnummern finden Sie auf Seite [▸ 133].

Eine (kostenpflichtige) Entsorgung durch DURAG ist möglich.



Entsorgung von gebrauchten elektrischen und elektronischen Geräten

(anzuwenden in den Ländern der Europäischen Union und anderen europäischen Ländern mit einem separaten Sammelsystem für diese Geräte)



Das Produkt **nicht** als normalen Haushaltsabfall behandeln. Es muss einer Annahmestelle für das Recycling von elektrischen und elektronischen Geräten zugeführt werden.

Durch Ihren Beitrag zur korrekten Entsorgung des Produktes schützen Sie die Umwelt und die Gesundheit Ihrer Mitmenschen. Umwelt und Gesundheit werden durch falsches Entsorgen gefährdet. Materialrecycling hilft den Verbrauch von Rohstoffen zu verringern. Weitere Informationen zum Recycling des Produktes erhalten Sie bei Ihrer Gemeindeverwaltung und den kommunalen Entsorgungsbetrieben.

5.12.3 RoHS-Konformität

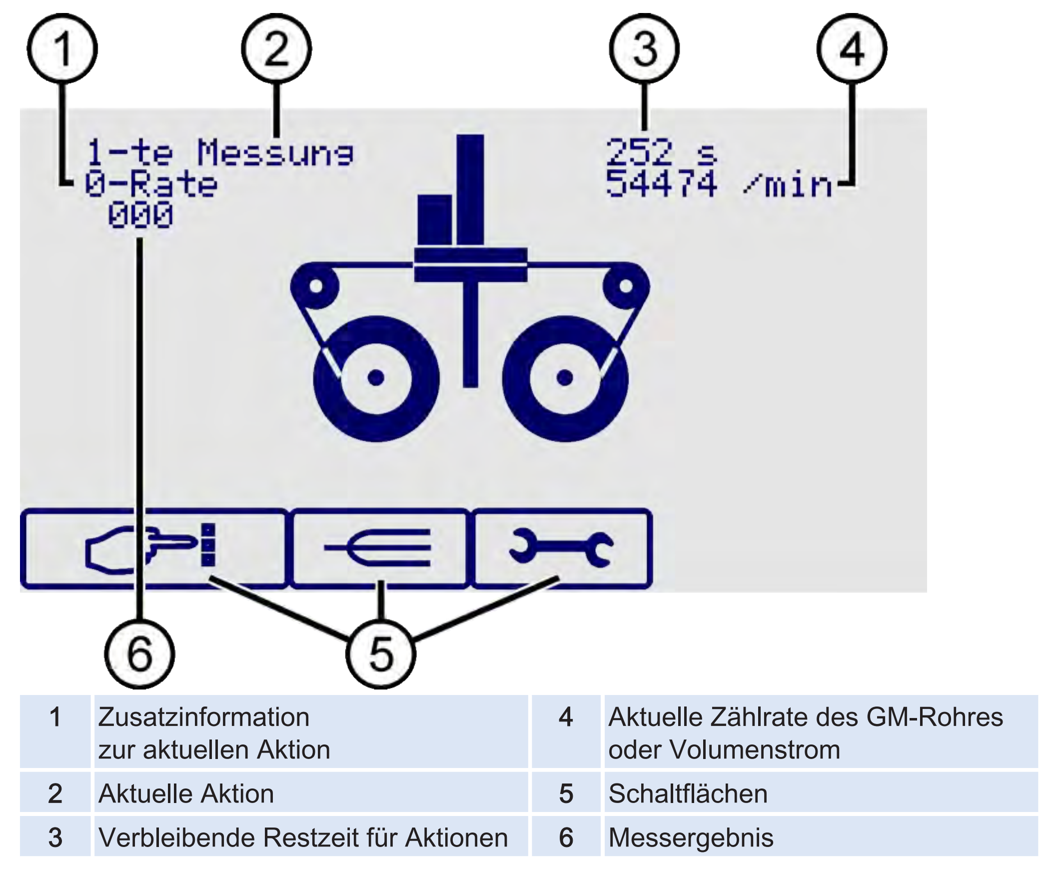
Das DURAG Produkt F-701-20 Beta-Staubmeter ist RoHS-Konform [▶ 129].


6

6 Bedienung des F-701-20

6.1 Einschalten

Nach dem Einschalten erscheint im Anschluss an den Selbsttest der Startbildschirm. Der Startmodus und damit die Bildschirmanzeige sind abhängig von den Parameter-einstellungen. Werkseitig ist standardmäßig der 60-Minuten-Messmodus aktiviert. Nach Start der Messung wird das **Messmenü** angezeigt.



1	Zusatzinformation zur aktuellen Aktion	4	Aktuelle Zählrate des GM-Rohres oder Volumenstrom
2	Aktuelle Aktion	5	Schaltflächen
3	Verbleibende Restzeit für Aktionen	6	Messergebnis

Abb. 6.1: Messmenü nach Gerätestart

6.2 Verwendung des Touchscreen

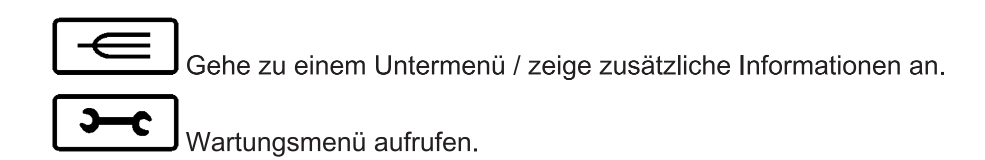
Das F-701-20 hat ein 19“ Gehäuse und ist an dessen Fronttür mit einem Touchscreen ausgestattet, der zur Steuerung des Gerätes dient. Seine Oberfläche ist blendfrei und kratzfest. Die Bedienung kann mit den Fingern oder einem Stift durch leichten Druck auf die Oberfläche erfolgen.

Abhängig vom angezeigten Menü, stehen verschiedene Tasten auf dem Display zur Verfügung. Durch Berühren der Tastatur wird die entsprechende Aktion ausgeführt. Die unterschiedlichen Tasten werden in diesem Teil des Handbuchs anhand ihres Symbols beschrieben. Die folgenden Tasten stehen in den meisten Menüs am unteren Rand zur Verfügung:



Abb. 6.2: Display-Tasten

Zwischen Mess-, Datenanzeige- und Parametrier-Modus wechseln.



Gehe zu einem Untermenü / zeige zusätzliche Informationen an.

Wartungsmenü aufrufen.

6.3 Grundfunktionen

Über die Taste kann im Normalbetrieb in die folgenden Menüs gewechselt werden:

Mess-Modus: Staubmessung und Anzeige der Ergebnisse, Anzeige der Aktivitäten, Durchführung von Serviceaktionen.

Datenanzeige-Modus: Anzeige von Messwerten und Meldungen/Fehlermeldungen in Grafik- oder Tabellenform

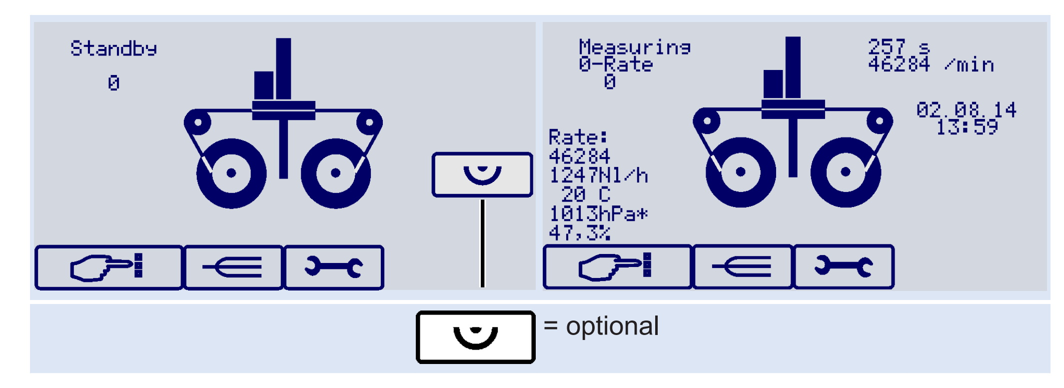
Parametrier-Modus: Anzeige und Änderung der Parameter.

6.3.1 Mess-Modus

Die Displaydarstellung im Mess-Modus entspricht der in Abb. 6.1 . Die aktuell laufende Aktion wird in der linken oberen Ecke angezeigt. Mögliche Aktionen sind z.B.:

•	Standby	Auf nächsten Zyklus warten (siehe Parameter 'Start')
•	n-te Messung	Zyklusnummer bei Auswahl Mehrfachbelegung
•	Messung	Messzyklus

Zusätzliche Informationen zur aktuellen Aktion werden in der Zeile darunter angezeigt, wie z.B. 0-Rate, M-Rate oder Volumen.



Tab. 6.1: Mess-Modus

Durch Drücken der Taste werden im Messmodus zusätzliche Informationen angezeigt:

- Datum
- Uhrzeit
- GM-Zählrate [1/min.]
- auf Normbedingungen umgerechneter Volumenstrom [Nl/h]
- Temperatur [°C]
- Druck [hPa]
- relative Feuchte [%]

Werden Druck, Temperatur und Feuchte über Sensoren erfasst, werden die aktuellen Messwerte ausgegeben. Sonst zeigt das Sternchen hinter dem Zahlenwert an, dass ein Ersatzwert verwendet wurde. Alle gemessenen Werte werden zusätzlich in einer

Datenbank gespeichert. Wurde der Startparameter der Messung auf manuell eingestellt, steht zusätzlich die Taste zum manuellen Start einer Messung zur Verfügung.

6.3.2 Datenanzeige-Modus

6.3.2.1 Messwerte anzeigen

Die aktuell gemessenen Werte werden im Mess-Modus auf dem Display angezeigt und gespeichert. Im Datenanzeige-Modus können diese Daten in Grafik- oder Tabellenform dargestellt werden.

Drücken Sie die Tasten ▶ oder ◀ (▲ oder ▼), um Messwert für Messwert anzuzeigen oder verwenden Sie die Tasten ◀◀ oder ▶▶ (⏫ oder ⏬), um von Seite zu Seite zu blättern.

Neuere Werte finden Sie auf der rechten Seite (oben), ältere Werte auf der linken (unten).

Auswahl der Datenanzeige

Im Speicher werden die Daten der letzten 9 Monate gespeichert. Zunächst muss also der Monat ausgewählt werden, aus dem man Informationen anzeigen lassen möchte.

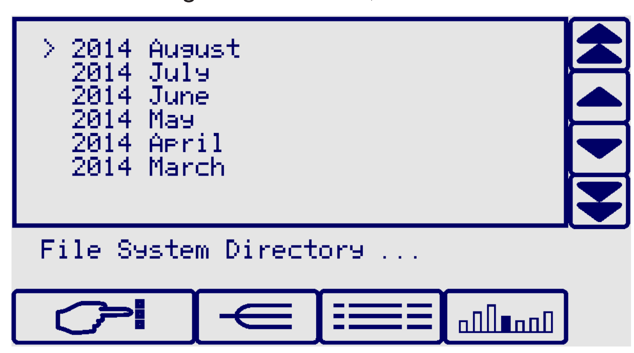


Abb. 6.3: Auswahl der Datenanzeige

Dies erfolgt über den Cursor > in der ersten Spalte links, der sich mit den Pfeiltasten nach unten und oben verschieben lässt.

Durch Betätigen der Tasten und können dann die Daten als Tabelle oder als Histogramm angezeigt werden.

Mit der Taste kommt man immer wieder zur Monatsauswahl zurück.

Grafikausgabe als Balkendiagramm

Der Maßstab des Balkendiagramms ist abhängig von der Einstellung für den Parameter MBE/20mA (vergl. [▶ 79] unter Parameter - MBE/20mA).

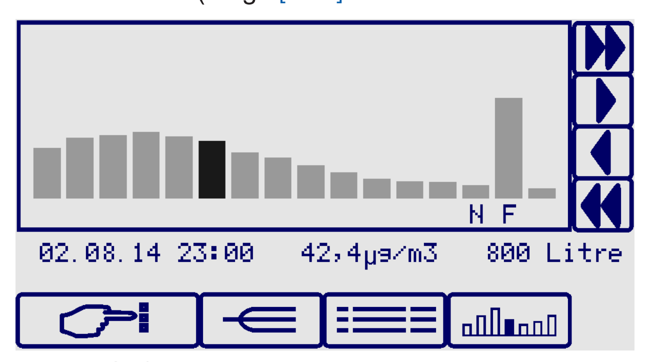


Abb. 6.4: Grafikausgabe als Balkendiagramm

Für den mit den Tasten ▶ oder ◀ ausgewählten Messwert werden unter dem Diagramm ausgegeben:

- Datum
- Uhrzeit, bei der die Aktion/ Messung gestartet wurde

- Messergebnis
- Messvolumen

Aktionen außer der Staubkonzentrationsmessung werden zusätzlich unter dem jeweiligen Balken gekennzeichnet mit:

N Nullpunktmessung

R Referenzpunkt-Messung

F ReferenzFolien-Messung

Durch mehrmaliges Drücken der Histogramm-Taste lassen sich zusätzliche Informationen alternierend anzeigen.

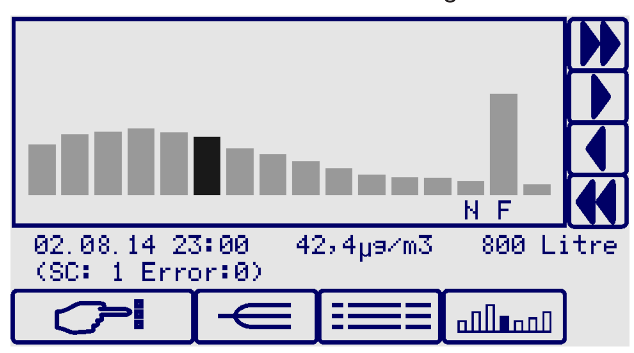


Abb. 6.5: Zusätzliche Informationen, alternierend I

Beim ersten Drücken der Histogramm-Taste wird die Belegzahl (BZ/SC, vergl. [▸ 79] unter Parameter - Belegzahl) angezeigt und ob bei der ausgewählten Aktion ein Fehler registriert worden ist. Fehlercode 1 steht für Volumenfehler, Fehlercode 2 für Vakuum-Abbruch. Fehlercode 0 bedeutet, dass kein Fehler aufgetreten ist.

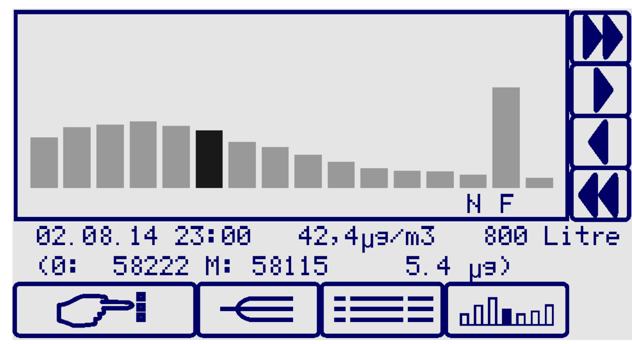


Abb. 6.6: Zusätzliche Informationen, alternierend II

Beim zweiten Drücken der Histogramm-Taste erscheinen die Zählraten am Beginn (0) und am Ende (M) der Aktion sowie der Wert für die absolute Staubmasse in µg.

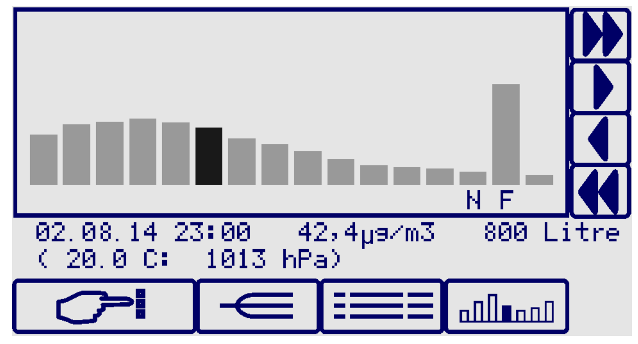


Abb. 6.7: Zusätzliche Informationen, alternierend III

Beim nochmaligen Drücken der Histogramm-Taste erhält man Angaben zu Luftdruck und Temperatur der Umgebungsluft während der Aktion.

Tabellenausgabe

Die Tabelle enthält pro Zeile alle wichtigen Informationen zu einer Aktion in folgender Reihenfolge:

- Kürzel für die Aktion, wie unter „Grafikausgabe als Balkendiagramm“ [▶ 73]) beschrieben
- Datum
- Uhrzeit, bei der die Aktion/Messung gestartet wurde
- Messergebnis
- Messvolumen
- Fehlermeldungen (F/E) mit Fehlercode 0 (kein Fehler), 1 (Volumenfehler) oder 2 (Vakuum-Abbruch)
- Anzahl der Belegungen pro Filterposition (BZ/SC)

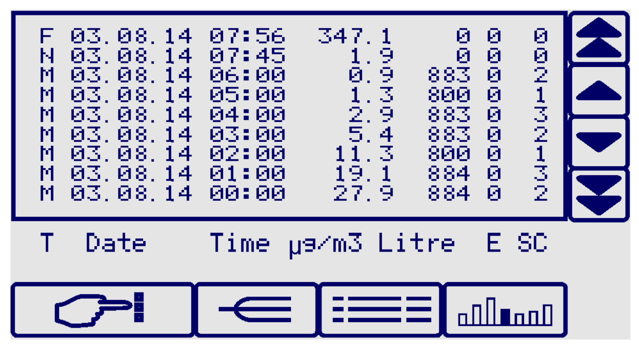


Abb. 6.8: Tabellenausgabe

6.3.2.2 Meldungen anzeigen

Durch Drücken der Listen-Taste werden die gespeicherten Meldungen in chronologischer Reihenfolge aufgelistet. Neben Datum und Uhrzeit wird u.a. angezeigt, wann ein Fehler vom System erkannt worden ist und wann er beseitigt wurde.

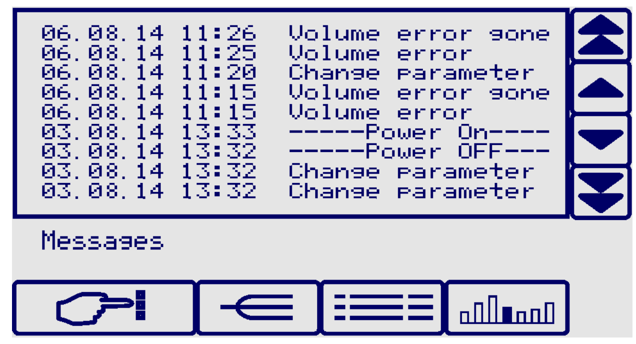


Abb. 6.9: Meldungen anzeigen

Folgende Meldungen stehen zur Verfügung:

Generelle Mitteilungen:

Meldung	Bedeutung
• ------Einschalten	das Gerät wurde eingeschaltet
• ------Ausschalten	das Gerät wurde ausgeschaltet
• Batteriewechsel	die Batterie auf der Hauptplatine muss gewechselt werden
• Benutzer Stopp	Aktion wurde durch Benutzer abgebrochen
• Benutzer Weiter	Aktion wurde durch Benutzer verkürzt
• Messbereich	der aktuell anstehende Messwert liegt außerhalb des parametrierten Messwertbereichs
• Parameter Aender.	Parameteränderung
• SD card gesteckt	SD-Karte, die zuvor bei einer laufenden Aktion entfernt worden war, wurde wieder gesteckt
• UhrDatum gestellt	Datum und/ oder Uhrzeit wurden gestellt
• Vakuum Abbruch	der Unterdruck hinter dem Filter ist zu groß

Fehler, die beim ersten Auftreten mit „Kommt“ und nach der Beseitigung mit „Geht“ registriert werden:

Fehler:

•	Fi-Ha. fest	der Filterhalter lies sich nicht ordnungsgemäß öffnen/ schließen
•	Fi-Ha. Temp	die Temperatur des Filterhalters entspricht nicht der Vorgabe
•	Luft Temp	der Temperatursensor für die Außenluft liefert keine Messwerte
•	Begleitheiz	die Temperatur der Sondenrohrbegleitheizung entspricht nicht der Vorgabe
•	Filterriss	neues Filterpapier einlegen/die registrierte Zählrate ist zu hoch
•	Beta Sensor	die registrierte Zählrate ist zu niedrig
•	Volumen	der Volumenstrom liegt außerhalb der vorgegebenen Grenzwerte

6.3.3 Parametrier-Modus (Geräte-Einstellungen)

Alle Parameter können im Parametrier-Modus angezeigt und nach einer Passworteingabe geändert werden. Zwischenergebnisse können angezeigt und Serviceaktionen durchgeführt werden. Durch den Aufruf des Parametrier-Modus wird die aktuelle Messung nicht beeinträchtigt.

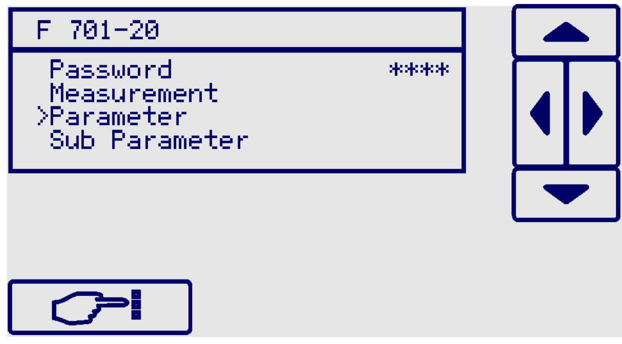


Abb. 6.10: Parametrier-Modus

Mit den Tasten ▼ und ▲ können Sie durch die Parameter blättern. Das ausgewählte Menü bzw. der ausgewählte Parameter ist mit einem Pfeil-Cursor > am linken Zeilenrand markiert. Über die Taste ▶ gelangen Sie in ein Untermenü bzw. zu einem Parametereintrag. Untermenüs sind dadurch zu erkennen, dass kein Wert auf der rechten Seite angezeigt wird.

Parameter können erst nach Eingabe des Passwortes geändert werden. Drei verschiedene Passwörter stehen zur Verfügung:

Passwörter:

•	Passwort1	für die Änderung von Parametern
•	Passwort2	für die Durchführung von Serviceaktionen
•	Passwort3	für die Einstellung der Elektronik (Systempasswort)

Das Passwort1 lautet 1111.



30 Minuten nach der letzten Passworteingabe wird das eingegebene Passwort aus Sicherheitsgründen automatisch gelöscht. Damit ist der Zugang zu Parameteränderungen nur nach erneuter Passworteingabe möglich.

6.3.3.1 Änderungen von Parametern

Mit den Tasten ▼ / ▲ kann ein Parameter ausgewählt und über die Taste ▶ aufgerufen werden. Die Auswahl/Eingabe des Parameterwertes erfolgt über eine **Auswahlliste** oder manuell über die **Tastatur**. Einige Parameter sind werksseitig festgelegt und können nicht geändert werden.

Auswahlliste

Wird eine Auswahlliste aktiviert, wird die Auswahl mit dem Pfeil-Cursor **> hinter** dem Parameter markiert.

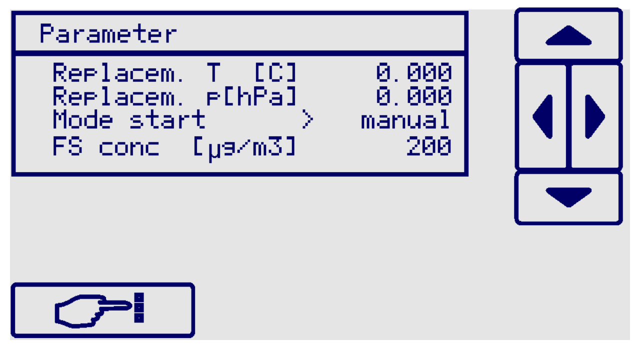


Abb. 6.11: Auswählen aus der Auswahlliste

Über die Tasten ▼ / ▲ kann der Parameterwert ausgewählt werden. Wird der gewünschte Wert angezeigt, kann er durch Drücken der Taste ▶ übernommen und gespeichert werden. Der ausgewählte Parameter bleibt unverändert, wenn die Dateneingabe über die Taste ◀ beendet wird.

Tastatur

Erfolgt die Dateneingabe manuell über die angezeigte Tastatur, wird der ausgewählte Parameter automatisch markiert und einfach überschrieben.

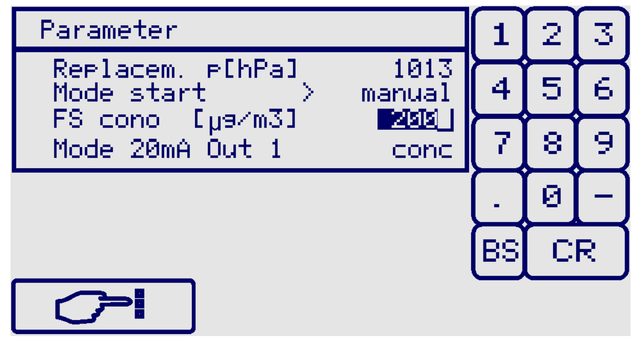


Abb. 6.12: Dateneingabe über Display-Tastatur

Nachdem der Wert vollständig eingegeben ist, beenden Sie die Eingabe durch Drücken der Taste CR. Der neue Wert wird gespeichert. Zahlen können einzeln über die Taste BS gelöscht werden. Wurden alle Zahlen gelöscht, wird durch nochmaliges Drücken der Taste BS die Dateneingabe beendet und der Parameter bleibt unverändert.

Die über die Tastatur eingegebenen Werte werden direkt auf ihre Gültigkeit geprüft. Ungültige Werte werden nicht akzeptiert und eine Fehlermeldung zusammen mit dem zulässigen Datenbereich wird angezeigt. Der ursprünglich gespeicherte Wert bleibt unverändert. Durch Drücken einer beliebigen Taste gelangen Sie zur Parameteranzeige zurück.

6.3.3.2 Parametermenü

Das Parametermenü (siehe unten) besteht aus folgenden Untermenüs:

Untermenüs:

- Password — Passworteingabe
- Messwerte — Anzeige der gemessenen/ gespeicherten Werte
- Parameter — Anzeige und Eingabe der Hauptparameter
- Neben Parameter — Anzeige und Eingabe der Unterparameter

•	Justage	Korrigieren der Eingangs- und Ausgangs-Signale
•	Schnittstellen	Einstellen der Schnittstellenparameter
•	Datum/ Uhr	Einstellen von Uhrzeit und Datum
•	Service	Grundlegende Betriebsfunktionen, Fehlersuche

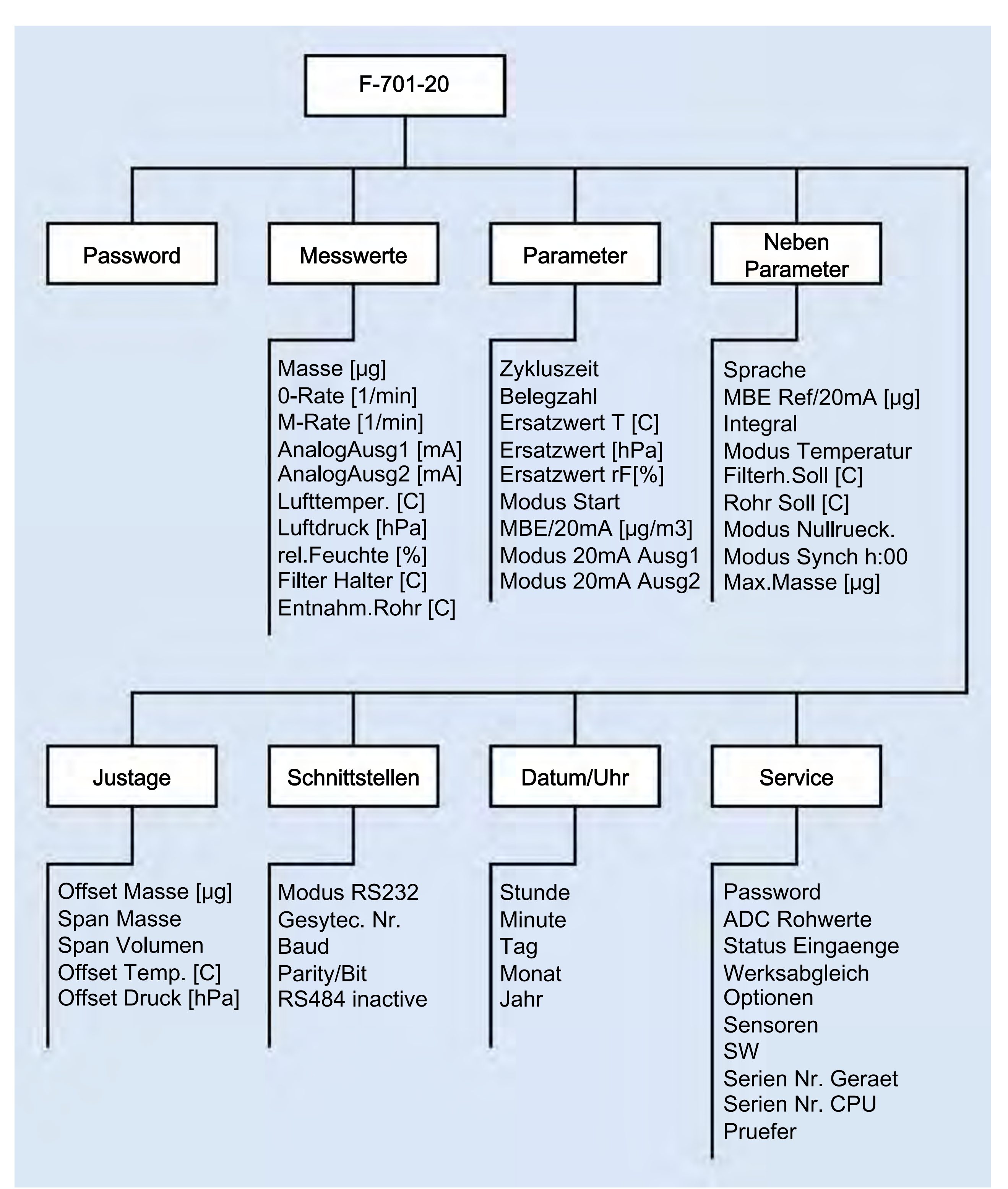


Abb. 6.13: Menüstruktur der Parameter

Die folgenden gemessenen Ergebnisse können angezeigt werden:

Messwerte Ergebnis-Anzeige:

Messwert	Beschreibung
• Masse [µg]	Masse des letzten Messzyklus'
• 0-Rate [1/min]	Letzte Messung 0-Rate
• M-Rate [1/min]	Letzte Messung M-Rate
• AnalogAusg1 [mA]	Das aktuelle mA-Signal für Ausgang 1 wird angezeigt
• AnalogAusg2 [mA]	Das aktuelle mA-Signal für Ausgang 2 wird angezeigt
• Lufttemper. [C]	Temperatur der Umgebungsluft oder Ersatzwert
• Luftdruck [hPa]	Luftdruck der Umgebungsluft oder Ersatzwert
• rel. Feuchte [%]	relative Feuchte in der Umgebungsluft oder Ersatzwert
• Filter Halter [C]	Temperatur des Filterhalters
• Entnahm.Rohr [C]	Heizungstemperatur Probenahmerohr



Die angezeigten Messwerte können **nicht** verändert werden.

Parameter:

Häufig verwendete Parameter sind in diesem Menü zusammengefasst:

Parameter	Beschreibung	
• Zykluszeit	Definition der Probenentnahmezeit, 15 Minuten bis zu 24 Stunden. Eine geänderte Zykluszeit wird berücksichtigt, wenn ein neuer Messzyklus gestartet wird.	
• Belegzahl	Definition einer mehrfachen Filterbelegung, Anzahl der vorwärts/rückwärts-Zyklen. Mögliche Werte liegen zwischen 1 und 24. Wird z.B. während der dritten Probenahme einer mehrfachen Probe die Belegzahl von 5 auf 2 reduziert, erfolgt die nächste Messung an einer neuen Stelle des Filters. Wird die Belegzahl von 3auf 5 erhöht, erfolgt die vierte und fünfte Probenahme an der gleichen Stelle des Filters.	
• Ersatzwert T [C]	Ersatzwert für Temperatur der Umgebungsluft wenn kein externer Sensor vorhanden ist. Ein modifizierter Wert für Ersatzwert T wird für die nächste Messung wirksam. Der Bereich liegt zwischen -20°C und +50°C (-4°F bis 122°F).	
• Ersatzwert [hPa]	Ersatzwert für den Luftdruck, wird für die nächste Messung verwendet, wenn kein Sensor vorhanden ist.	
• Ersatzwert rF[%]	Ersatzwert für die relative Feuchte in der Umgebungsluft, wird bei entsprechender Parametrierung zur Reglung der Filterhaltertemperatur genutzt, wenn kein Sensor angeschlossen ist.	
• Modus Start	Einstellen der Bedingungen für den Zyklusstart:	
	manual	Jeden Messzyklus manuell über die Starttaste [Starttaste] starten.
	auto	Automatischer Neustart sofort (kontinuierliche Zyklen)
	60 Min	Start am Beginn jeder vollen Stunde
	30 Min	Start am Beginn jeder halben Stunde



Parameter	Einstellung	Beschreibung
	15 Min	Start am Beginn jeder viertel Stunde
	Relais	Start durch Schließen eines Kontaktes am Datenstecker (IN2 Abb. 5.2)
	Gesytec [▶ 129]	Start durch Gesytec-Fernbefehl
	Eine Änderung des Startparameters wird beim Start des nächsten Messzyklus' berücksichtigt.	
• MBE/20mA [µg/m3]	Messbereich für 20mA-Ausgabe der Konzentration in µg/m³. Der Stromausgang lässt sich auf 50 µg/m³ bis 9999 µg/m³ skalieren. Eine Änderung wird sofort wirksam. Die Eingabe skaliert auch die Displayausgabe im Histogramm (siehe [▶ 73] - Auswahl der Datenanzeige).	
• Modus 20mAAusg1	Ausgang 1, standardmäßig die Konzentration, die den oben definierten Messbereich verwendet, kann für Testzwecke auf andere Werte, z.B. Masse oder 20mA eingestellt werden, siehe auch Ausgang 2. Wird nach jedem Einschalten auf die Konzentration zurückgesetzt!	
• Modus 20mAAusg2	Ausgang 2 für verschiedene Werte. Ausgewählter Wert bleibt auch beim Aus- und Wiedereinschalten unverändert, bis der Parameter modifiziert wird. Folgende Einstellungen sind möglich:	
	conc	Konzentration, Messbereich wie unter MBE/20mA [µg/m3] definiert.
	mass	Masse, Messbereich 0...1000 µg
	20 mA	Konstantes 20 mA-Signal
	4 mA	Konstantes 4 mA-Signal
	Es folgen *nur für Testzwecke*	
	GM Tube	Zählrate des GM-Rohrs [#/min]
	temper.	Lufttemperatur (4/20mA = -20°C/+60°C)
	pressu.	Luftdruck (4/20mA = 800hPa/1300hPa)
	volume	Volumenstrom (4/20mA = 0l/h/1600l/h)
	humidity	relative Feuchte (4/20mA = 0%/100%)

Nebenparameter:

Parameter	Einstellung	Beschreibung
• Sprache	Sprache wählen: Deutsch, Englisch	
• MBE Ref/20mA[µg]	Messbereich für 20mA-Ausgabe für die Masse in µg bei Messung mit Referenzfolie, wird im nächsten Referenzzyklus oder sofort verwendet, wenn während der Eingabe Referenzzyklus läuft. Bereich liegt zwischen 50 µg und 9999 µg. Die Werkseinstellung ist 1000 µg.	
• Integral	Anzahl der für den gleitenden Mittelwert verwendeten Werte. Die Werkseinstellung ist 1.	
• Modus Temperatur	Bestimmt die Art der Temperaturreglung für Filterhalter und Sondenrohrbegleitheizung:	
	absolute	Die Temperatur wird mit +/-0,5 Grad auf den in den Parametern „Filterh. Soll" und „Rohr Soll" vorgegebenen Werten gehalten.

	relative	Die Temperatur wird mit einem in den Parametern „Filterh. Soll“ und „Rohr Soll“ vorgegebenen Offset zur gemessenen Luft/ Umgebungstemperatur bzw. zum Ersatzwert geregelt.
	humidity	Die Temperatur wird mit einem in den Parametern „Filterh. Soll“ und „Rohr Soll“ vorgegebenen Offset zur Taupunkttemperatur geregelt. Die Taupunkttemperatur wird aus den gemessenen Werten oder den Ersatzwerten für die Lufttemperatur und die relative Feuchte bestimmt
	Die minimale/ maximale Temperatur für die Begleitheizung und den Filterhalter ist unabhängig von der Temperatur der Luft 20°C (68°F) bzw. 50°C (122°F).	
• Filterh. Soll [C]	Filterhalter-Temperatur in °C, die in Abhängigkeit von „Modus Temperatur“ eingestellt wird. Wird sofort berücksichtigt.	
• Rohr Soll [C]	Temperatur der (optionalen) Sondenrohrbegleitheizung für das Probenahmerohr in °C, die in Abhängigkeit von „Modus Temperatur“ eingestellt wird. Wird sofort berücksichtigt.	
• Modus Nullrueck.	Bei „active“ werden negative Messergebnisse als Null ausgegeben.	
• Modus Synch h:00	h von 0 bis 23 bezeichnet die Stunde des Tages, bei der eine Synchronisation des Messzyklusbeginns erfolgen soll. Ein ggf. noch laufender Messzyklus wird vor Erreichen von h.00 Uhr zuvor beendet. Eine Eingabe von -1 deaktiviert die Synchronisation.	
• Max. Masse [µg]	Legt die maximale absolute Masse auf einem Filterfleck fest. Wird diese Massengrenze beim nächsten Sammelzyklus auf dem gleichen Filterfleck voraussichtlich überschritten, wird ein neuer Filterfleck angefahren und das „saubere“ Filter vermessen bevor mit dem nächsten Sammelzyklus begonnen wird.	

Justage:

• Offset Masse [ug]	Dient der Korrektur der vom Gerät bestimmten Masse mit der Gleichung y= x* Span+Offset, wobei x = Messwert des F-701-20 ist. Die Werkseinstellung ist 0. Ein modifizierter Wert wird verwendet, wenn die Masse das nächste Mal berechnet wird. Der zulässige Bereich liegt bei +/-500 µg.
• Span Masse	Dient der Korrektur der vom Gerät bestimmten Masse mit der Gleichung y= x* Span+Offset, wobei x = Messwert des F-701-20 ist. Die Werkseinstellung ist 1. Ein modifizierter Wert wird verwendet, wenn die Masse das nächste Mal berechnet wird. Der zulässige Bereich liegt bei 0.1 bis 10.
• Span Volumen	Das Volumenstromsignal wird mit dem angegebenen Korrekturfaktor multipliziert, wird sofort berücksichtigt. Der zulässige Bereich liegt bei 0.9 bis 1.1.

• Offset Temp. [C]	Offset-Wert für die Korrektur der Lufttemperatur in °C. Die Werkseinstellung ist 0°C (32°F). Der zulässige Bereich liegt zwischen −10°C (14°F) und 10°C (50°F).
• Offset Druck [hPa]	Offset-Wert für die Korrektur des Luftdrucks in hPa. Die Werkseinstellung ist 0 hPa. Der zulässige Bereich liegt bei +/-200 hPa.

Schnittstellen:

• Modus RS232	Bestimmt die Art und Weise der Kommunikation über die RS232-Schnittstelle.	
	terminal	Die Kommunikation zum PC erfolgt über ein Terminal-Programm (z.B. HyperTerminal – Hilgraeve®).
	printer	Es wurde ein serieller Drucker angeschlossen. Alternativ ermöglicht die Auswahl dieses Parameters, dass bei der Kommunikation mit einem PC mittels eines Terminal-Programms am Ende einer Messung alle Daten zum Messergebnis automatisch übertragen werden.
	print V2	Ausgabe kompatibel zu Software-Version 2.0
	Gesytec	Der angeschlossene PC kommuniziert über Gesytec [▸ 129] -Protokoll mit dem Gerät.
• Gesytec Nr.	Bereich liegt zwischen 0 und 999. Die Werkseinstellung ist 123.	
• Baud	Einstellen der Baudrate zwischen 1200bd bis 19200bd. Werkseinstellung ist 9600bd.	
• Parity/Bit	Einstellen der Parität und Datenbits, ein Stoppbit wird nicht berücksichtigt. Es gibt keine Flusssteuerung. Folgende Einstellungen sind möglich: no 7 / even 7 / odd 7 no 8 / even 8 / odd 8 (Werkseinstellung ist 'no 8').	

Datum/ Uhr:

• Stunde	Definition Stunde
• Minute	Definition Minute
• Tag	Definition Tag
• Monat	Definition Monat
• Jahr	Definition Jahr (Eingabe als zweistellige Jahreszahl)
Alle Eingaben werden sofort wirksam.	

Service:



Änderungen dürfen nur durch autorisiertes Personal vorgenommen werden. Werden Parameterwerte abweichend von den hier genannten angezeigt, führt dies zu Fehlfunktionen und kann das Gerät beschädigen! Dies betrifft insbesondere die kursiv dargestellten Parameter in dem mit ! auf Seite [▸ 85] ff. gekennzeichneten Abschnitt. Bei Abweichungen oder Unklarheiten wenden Sie sich bitte an DURAG GmbH.

• Password	Zum Ändern der Kalibrierfaktoren und werksseitigen Parametereinstellungen ist ein spezielles Passwort notwendig.	
• ADC Rohwerte	**Anzeige** der aktuell anliegenden Werte der Analog-Digital-Konverter (ADC [▸ 129]), Bereich 0...16081, Werte >16081 sind ein Hinweis auf Überlauf der A/D-Wandler.	
	Filter adapter	Temperatur des Filterhalters
	Tube heater	Temperatur der Sondenrohrbegleitheizung
	Temperature	Temperatur der Umgebungsluft
	Volume	Volumenstrom
	Pressure	Luftdruck
	Humidity	relative Feuchte
• Status Eingänge	**Anzeige** der Momentanwerte für digitale Eingänge.	
	0 = offen	
	1 = geschlossen	
	Fi.Ha. auf	Endpositionsschalter: Filterhalter geöffnet
	Fi.Ha. zu	Endpositionsschalter: Filterhalter geschlossen
	GM statisch	standardmäßig offen
	Unterdruck Sch.	Unterdruckschalter, normalerweise offen, schließt bei Vakuum im Ansaugweg.
	Eingang 0	nicht verwendet, ohne Funktion
	Eingang 1	nicht verwendet, ohne Funktion
	Eingang 2	Messzyklus aus der Ferne starten
	LS Referenz	nicht verwendet, ohne Funktion
• Werksabgleich	Die Justage der Elektronik erfolgt nicht über Potentiometer sondern über Parameter zur Justage der Ein- und Ausgänge.	
	Offset sc1 [µg]	Offset zur Berechnung der Masse gem. Kalibration, bei Mehrfachbelegung nur für die ersten Messung.
	Offset sc2-n[µg]	Offset zur Berechnung der Masse gem. Kalibration, bei Mehrfachbelegung ab der zweiten Messung.
	Span Service	Span zur Berechnung der Masse gem. Kalibration
	Offs Fi-Ha[0.1C]	Ermöglicht Justage der Temperatur vom Filterhalter.
	Filter adapt. 100	Wert des ADC [▸ 129] s für Filterhalter-Temperatur, der zuvor über einen 100 Ohm-Widerstand eingelesen wurde (entspricht 0°C/32°F).



	Filter adapt. 120	Wert des ADCs für Filterhalter-Temperatur, der zuvor über einen 120 Ohm-Widerstand eingelesen wurde (entspricht 52°C/126°F).
	Tube heater 100	Wert des ADCs für Sondenrohrbegleitheizung-Temperatur, der zuvor über einen 100 Ohm-Widerstand eingelesen wurde (entspricht 0°C/32°F).
	Tube heater 120	Wert des ADCs für Sondenrohrbegleitheizung-Temperatur, der zuvor über einen 120 Ohm-Widerstand eingelesen wurde (entspricht 52°C/126°F).
	Volumesensor1V	Volumenstromwert des ADCs, der zuvor über ein 1 V-Signal eingelesen wurde.
	Volumesensor5V	Volumenstromwert des ADCs, der zuvor über ein 5 V-Signal eingelesen wurde.
	Pressure 4 mA	Luftdruck-Wert des ADCs, der zuvor über ein 4 mA-Signal eingelesen wurde.
	Pressure 20 mA	Luftdruck-Wert des ADCs, der zuvor über ein 20 mA-Signal eingelesen wurde.
	b 20 mA Out1	Faktor zum Einstellen des analogen Ausgangs 1 auf genau 20 mA: Genau 20 mA = Ursprüngliches Signal • b+c
	c 20 mA Out1	Offset zum Einstellen des analogen Ausgangs 1 auf genau 20 mA: Genau 20 mA = Ursprüngliches Signal • b+c
	b 20 mA Out2	Faktor zum Einstellen des analogen Ausgangs 2 auf genau 20 mA: Genau 20 mA = Ursprüngliches Signal • b+c
	c 20 mA Out2	Offset zum Einstellen des analogen Ausgangs 2 auf genau 20 mA: Genau 20 mA = Ursprüngliches Signal • b+c
• Optionen	Meldung debounce	Einstellung auf 10, um Meldungen für Ereignisse kürzer als eine Minute (Standard) zu unterdrücken. Einstellung auf 1, um alle Meldungen zu erhalten (*nur für Testzwecke*).

! Folgende Parameter dürfen nur durch autorisiertes Personal geändert werden. Parameterwerte die von den hier genannten abweichen, können zu Fehlfunktionen führen und das Gerät beschädigen!

Optionen ff	*Beta sensor*	GM tube
	Geraetetyp	F-701-20
	Filter Motor	micro

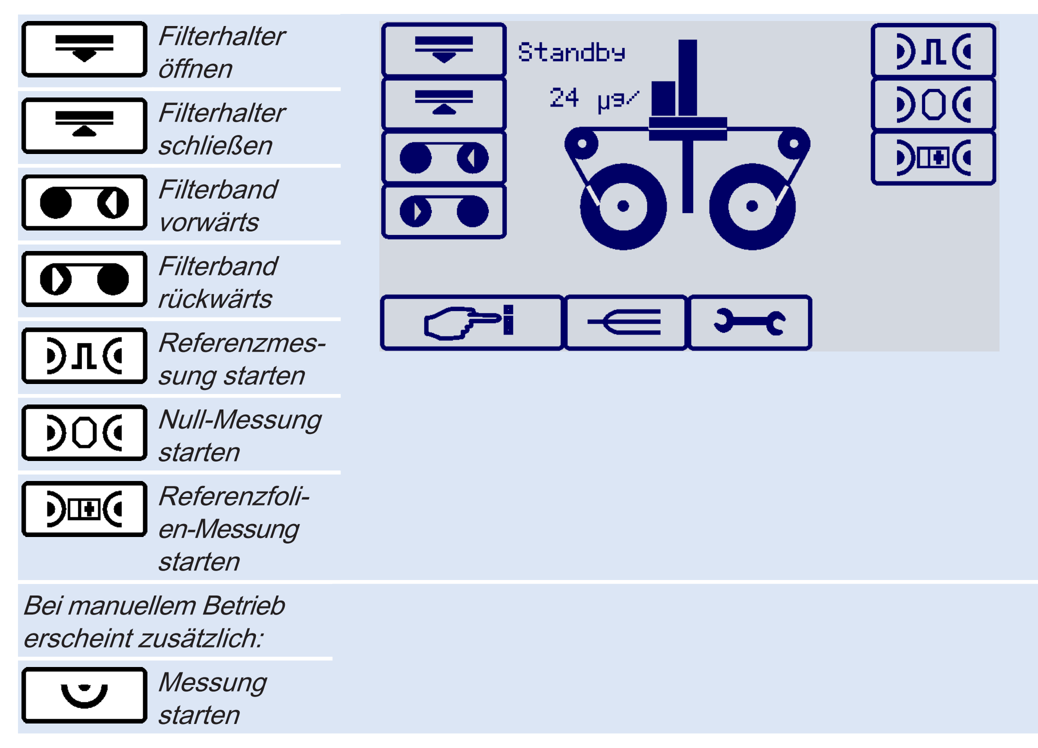
	Abstand Qu./ Rohr	Abstand des GM-Rohrs zur Sammelposition in Schritten des Schrittmotors. Die Werkseinstellung (36 mm = 1600 Schritte) **darf nur nach Rücksprache mit dem DURAG Service modifiziert werden.**	
	Abstand Flecken	Abstand der Filterflecken. Die Werkseinstellung (36 mm = 1600 Schritte) **darf nur nach Rücksprache mit dem DURAG Service modifiziert werden.** Ein modifizierter Wert wird berücksichtigt, wenn ein neuer Fleck zum Sammeln angefahren wird.	
• Optionen ff	Intell. Korr.	Active 1 = Es wird ein sog. „intelligenter" Datenkorrektur-Algorithmus zu Berechnung der absoluten Masse verwendet. No = Standard-Algorithmus gem. GL2 [▸ 34]	
	ICC Wert	Prozentsatz, um den sich R0 und RM maximal unterscheiden dürfen, damit die intelligente Korrektur angewendet wird (Standard = 0.38).	
	Vol. GM Quelle	Volumen der Luft im Messvolumen zwischen C14-Quelle und GM-Rohr in mm³. Bei Eingabe von 0 wird die Äderung der Luftmasse im Messvolumen durch Luftdruck- und Temperaturänderungen nicht berücksichtigt.	
	Filter-Drucker	inactive	kein Filterbanddrucker
		active	Gerät verwendet einen Filterbanddrucker mit der Option „Inhaltstoffanalyse" (Standard)*. * ist kein Drucker angeschlossen wird die Angabe ignoriert
• Sensoren	Sensor Luft T	Replace	Es wird der Ersatzwert für die Lufttemperatur verwendet
		PT100	Die Außenluft-Temperatur wird durch einen PT100 [▸ 129] gemessen.
		meteor.	Die Außenluft-Temperatur wird durch einen Sensor, der auch gleichzeitig die relative Feuchte bestimmt, gemessen.
	Lufttemper. [C]	**Anzeige** der aktuellen Lufttemperatur in °C oder Ersatzwert (unkorrigiert).	
	Sensor Luft p	Replace	Es wird der Ersatzwert für den Luftdruck verwendet.
		4/20mA	Absolutdruck-Sensor



		I2C	nicht verwendet, nur für Testzwecke.
	Luftdruck [hPa]	**Anzeige** des aktuellen Luftdrucks in hPa oder Ersatzwert (unkorrigiert).	
	Druck b	Faktor für Druckberechnung mit Druck [hPa]= ‘Druck b‘ • p[mA] + ‘Druck c‘ (Standard = 31.25).	
	Druck c	Offset für Druckberechnung mit Druck [hPa]= ‘Druck b‘ • p[mA] + ‘Druck c‘ (Standard = 675).	
	Sensor Luft rF	Replace	Es wird der Ersatzwert für die relative Feuchte in der Außenluft verwendet.
		meteor.	Die relative Feuchte in der Außenluft wird durch einen Sensor, der auch gleichzeitig die Lufttemperatur bestimmt, gemessen.
	Rel. Feuchte [%]	**Anzeige** der aktuellen relativen Feuchte in % oder Ersatzwert.	
	Es folgen drei Anzeigen nur für Testzwecke!		
	Volumensens. [mV]	Rohsignal vom Volumenstrom-Sensor in mV	
	Drucksens. [mA]	Rohsignal vom Luftdruck-Sensor in mA	
	Feuchtesens. [mA]	Rohsignal vom Feuchtesensor in mA	
• SW	Software-Version		
• Serien Nr. Geraet	Seriennummer des F-701-20		
• Serien Nr. CPU	Seriennummer des Mainboards		
• Pruefer	Herstelleridentifizierung, zur Identifizierung der Person, die das Gerät geprüft hat.		

6.4 Wartungsmenü / -modus

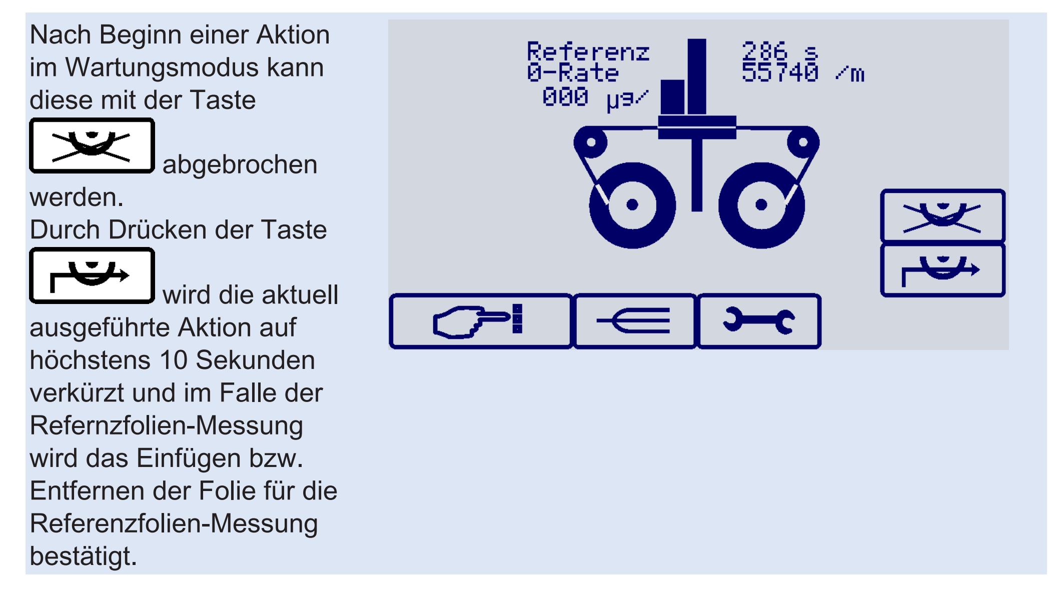
Durch Drücken der Taste [Wartung] wird das Wartungsmenü nach Eingabe des entsprechenden Passwortes aktiviert. Das Filterband kann bewegt, der Filterhalter geöffnet und geschlossen und Funktionstests können durchgeführt werden.



Taste	Funktion
	Filterhalter öffnen
	Filterhalter schließen
	Filterband vorwärts
	Filterband rückwärts
	Referenzmessung starten
	Null-Messung starten
	Referenzfolien-Messung starten
Bei manuellem Betrieb erscheint zusätzlich:	
	Messung starten

Tab. 6.2: Wartungsmenü I

Nicht immer startet durch Drücken der entsprechenden Taste die gewünschte Aktion sofort. Eventuell muss die aktuelle Aktion zunächst abgeschlossen werden, bevor der neue Befehl ausgeführt werden kann. Während die aktuelle Aktion noch abgearbeitet wird, sind die anderen Tasten inaktiv.



Nach Beginn einer Aktion im Wartungsmodus kann diese mit der Taste [Abbrechen] abgebrochen werden.
Durch Drücken der Taste [Verkürzen] wird die aktuell ausgeführte Aktion auf höchstens 10 Sekunden verkürzt und im Falle der Refernzfolien-Messung wird das Einfügen bzw. Entfernen der Folie für die Referenzfolien-Messung bestätigt.

Tab. 6.3: Wartungsmenü II

[Referenzmessung] Die **Referenzmessung** ist ein Gerätetest, bei dem ohne Filtertransport eine 0- und M-Rate gemessen wird. Dabei wird die M-Rate um ein Sechstel schwächer bewertet. Dies entspricht einer Masse von 485 µg. Dieser Messwert sollte mit einer Tole-

ranz von +/- 20 µg erreicht werden und ist ein Maß für die Stabilität der Messung der 0- und M-Rate und ist somit eine Testfunktion zum Test der Quelle und des GM-Rohrs. Am entsprechenden Messwertausgang des Datensteckers wird bei einer Parametrierung von MBE Ref./20mA = 1000 µg ein Strom von ca. 11,8 mA erzeugt.

Mit der **Nullmessung** steht ein weiterer Gerätetest zur Verfügung, mit dem die Funktion von Quelle und GM-Rohr überprüft werden kann. Es erfolgt kein Filtertransport. Das Ergebnis soll als Absolutbetrag einen Messwert <= 10 µg ergeben.

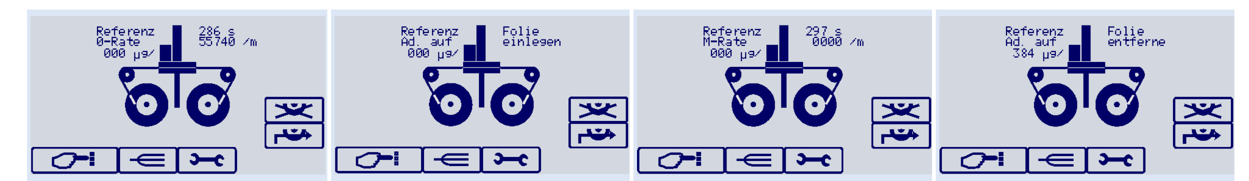
Die **Referenzfolien-Messung** ist ein einfacher, interaktiver Gerätetest zur Beurteilung der Gerätestabilität.
Es stehen zwei verschiedene Referenzfolien zur Verfügung (siehe 3.3.2 Optionale Ausstattung [▶ 29]):

- Ist im F-701-20 die Option „Inhaltsstoffanalyse“ mit dem zugehörigen Filterbanddrucker eingebaut, muss Folie II verwendet werden.
- Ist kein Drucker eingebaut wird die Folie III verwendet.

Dazu werden wie in den Abbildungen unten gezeigt folgende Arbeitsschritte ausgeführt:

1. Neue (saubere) Filterposition anfahren durch Betätigen der Taste „Filterband vorwärts“.
2. Referenzfolien-Messung starten. Es wird die 0-Rate gemessen.
3. Folie II von rechts, Folie III von links in den Filterhalter einlegen.
4. Messung mit fortsetzen. Es wird die M-Rate gemessen.
5. Folie entnehmen, mit fortsetzen.
6. Das Ergebnis der Messung wird angezeigt und soll dem auf der jeweiligen Referenzfolie angegebenen Messbereich entsprechen.

Die Abbildungen zeigen die Schritte für den Referenzfolienzyklus:



Tab. 6.4: Referenzfolienzyklus

Anmerkung 1: Bis Softwareversion 1.x war eine Kennlinie hinterlegt mit einer Referenzmessung von 630 µg und mit einer Referenzfolien-Messung zwischen 600 µg und 800 µg.

Anmerkung 2: Die oben aufgeführten Sollwerte für die Referenz- und die Referenzfolien-Messung erfordern richtige Parameter-Werte für „Offset Masse [µg]“ und „Span Masse“ aus dem Menü „Justage“ sowie für die Parameter „Offset sc1 [µg]“, „Offset sc2-n [µg]“ und „Span Service“ aus dem Menü „Service/ Werksabgleich“.

6.5 Messwertausgabe / Zeitverläufe / Diagramm

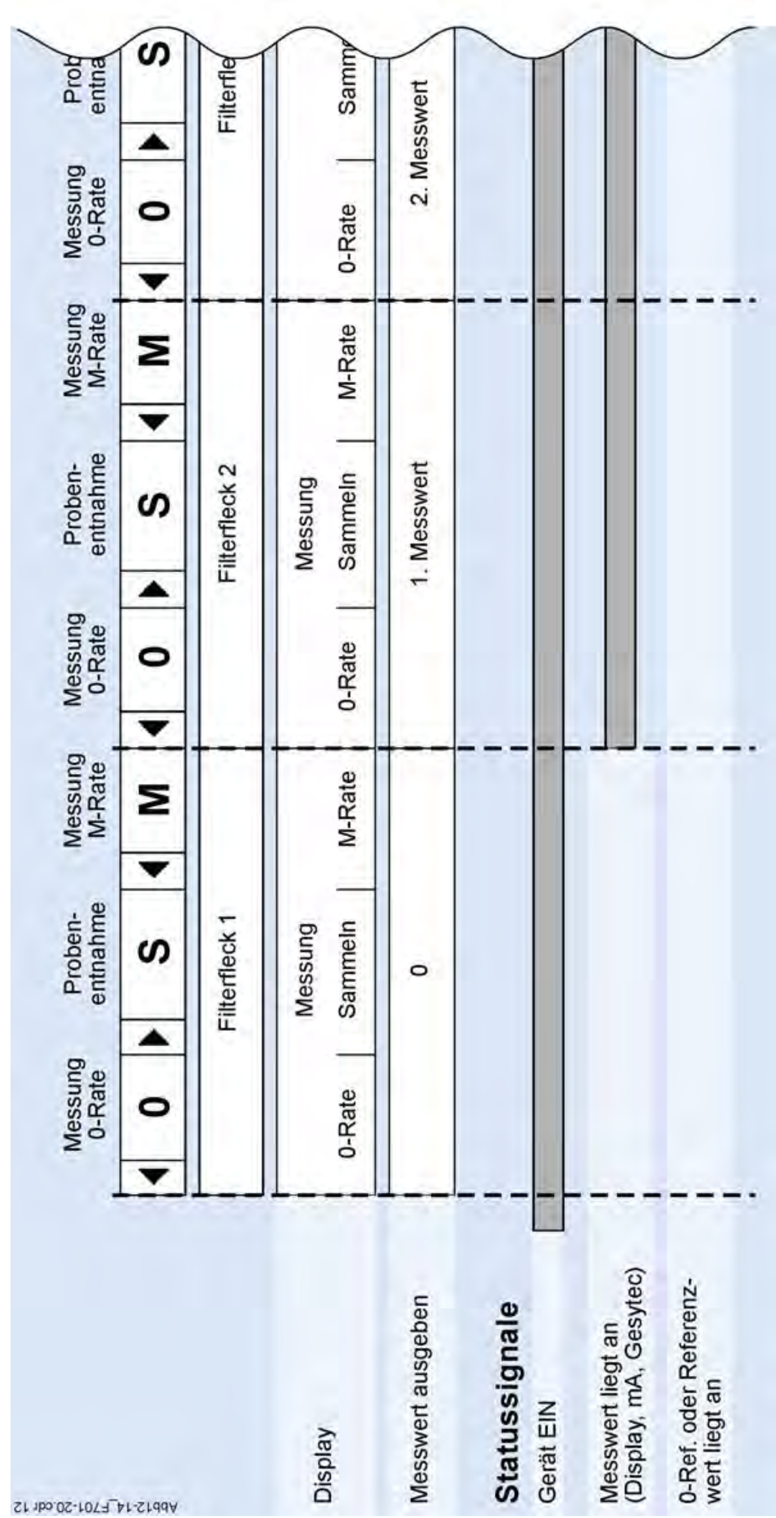


Abb. 6.14: Zeitablauf bei einfacher Filterfleckbelegung

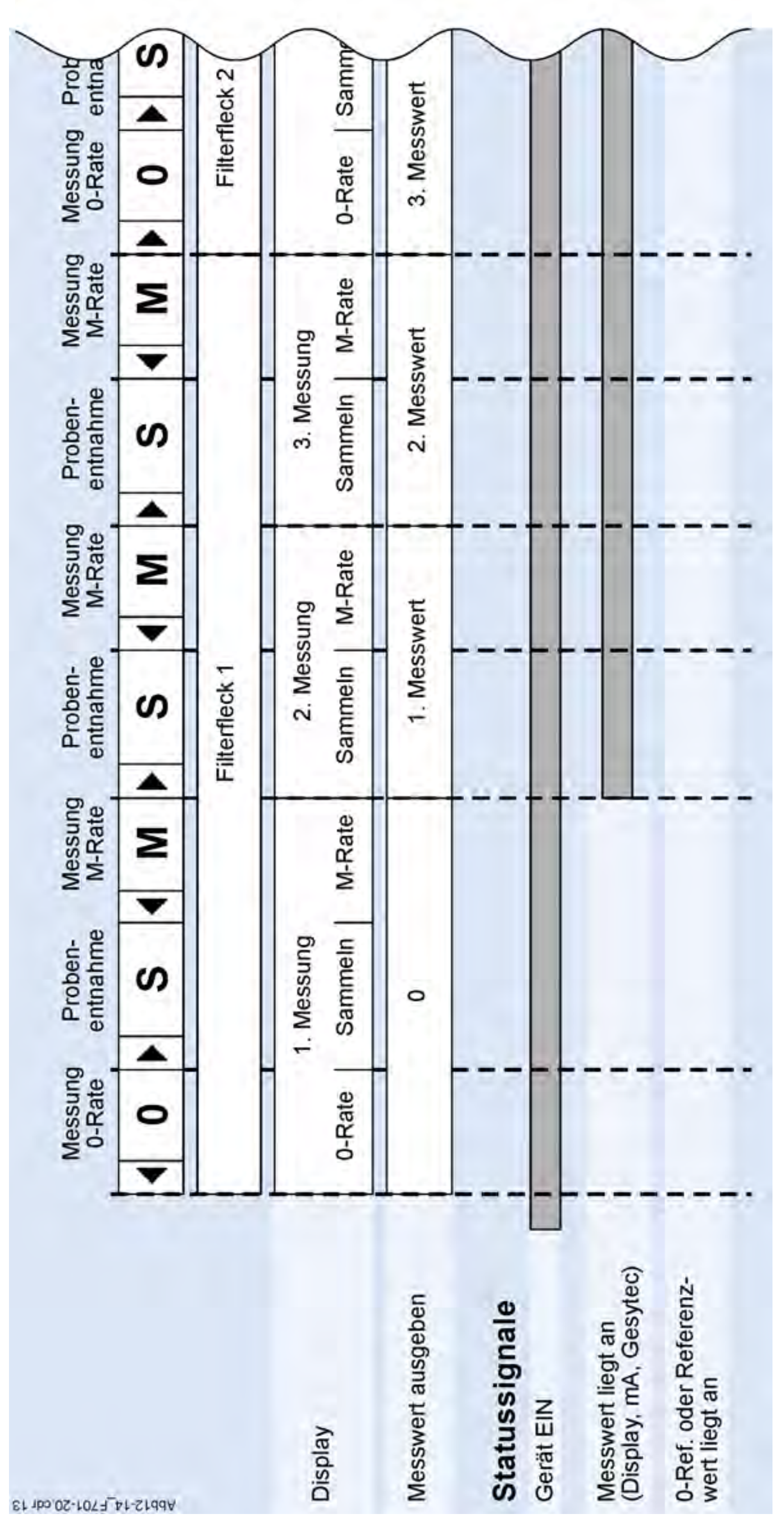


Abb. 6.15: Zeitablauf bei mehrfacher Filterfleckbelegung

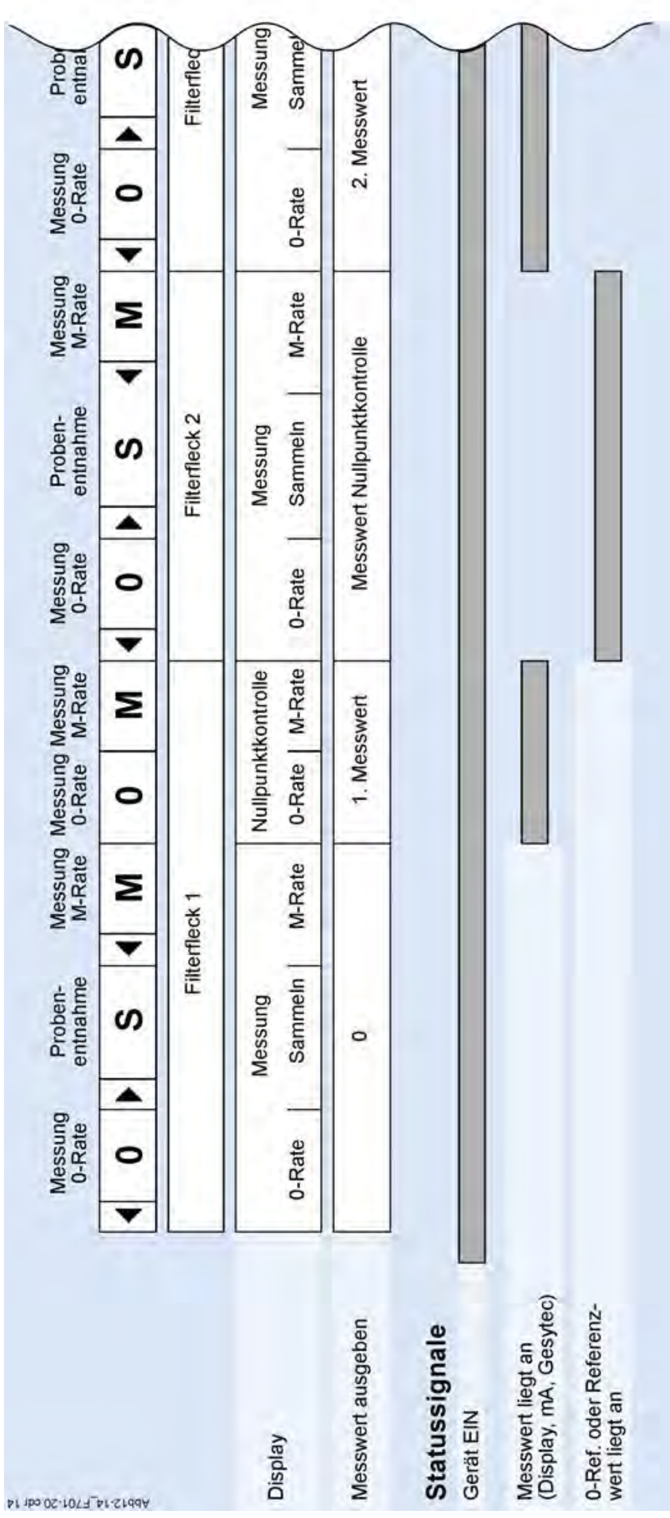


Abb. 6.16: Zeitablauf bei „Nullpunkt-Kontrolle“

6.6 Datenspeicher

Das Gerät speichert den Konzentrationsmesswert mit dem zugehörigen Datum und der Uhrzeit sowie weitere Informationen, z.B. den Volumenstrom, die Temperatur des Filterhalters oder Luftdruck und Außenlufttemperatur und –Feuchte, sofern diese gemessen wurden. Zusätzlich werden alle Fehler- und Statusmeldungen gespeichert. Die Speicherkapazität beträgt 9 Monate. Die Daten gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren.

Der Inhalt des Datenspeichers kann über die Geräteanzeige dargestellt werden oder über die RS232 Schnittstelle an der Geräterückseite ausgelesen werden.

6.6.1 Anzeige Datenspeicher am Display

Die Darstellung über die Geräteanzeige ist in Kapitel 6.3.2 Datenanzeige-Modus [▶ 73] erläutert.

6.6.2 Daten über RS232 Schnittstelle auslesen

Daten über die RS232 Schnittstelle können u.a. unter Verwendung des GESYTEC-Protokolls (zur Übertragung numerischer Daten) ausgelesen werden.

6.6.2.1 Grundsätzliche Anforderungen

Die Kommunikation erfolgt über die RS232 Schnittstelle an der Geräterückwand. Die Anschlussbelegung ist aus Abb. 5.3 ersichtlich.

Als Protokoll dient das Gesytec-Protokoll (auch Bayern/Hessen Protokoll genannt). Hierüber ist der aktuelle Messwert mit Fehler und Statusmeldungen abrufbar. Als Aktionen kann ein Messzyklus, eine Null- oder Referenzkontrolle gestartet oder eine aktuell laufende Messung abgebrochen werden.

6.6.2.2 Einstellen der F-701-20 Parameter

Die entsprechenden Parameter für das Gesytec-Protokoll sind (siehe auch Kapitel 6.3.3.2 Parametermenü [▶ 77] und Gesytec [▶ 129]):

Menüpunkt	Funktion	
Parameter/ Start	Gesytec auswählen	Start eines Messzyklus erfolgt über einen Gesytec-Startbefehl.
Schnittstelle/ Modus RS232	Gesytec auswählen	Parameter einstellen, um Gesytec-Kommunikation zu aktivieren
Schnittstelle/ Gesytec Nr.	nnn	Adresse des Messinstruments
Schnittstelle/ Baud	Baud-Rate der Schnittstelle definieren	Mögliche Einstellungen: 1200 Baud … 19200 Baud
Schnittstelle/ Parity/Bit	Einstellung für Parität und Daten-Bits vornehmen	Mögliche Einstellungen: no 7, even 7, odd 7, no 8, even 8, odd 8

Tab. 6.5: Steuerparameter zur Kommunikation mittels Gesytec-Protokoll

6.6.2.3 Protokollarten und Formatdetails

Beispielübertragung: Die Datenabfrage <STX> „DA“ „123“ <ETX> <BCC1> <BCC2> wird byteweise an der seriellen Schnittstelle (PC) wie folgt ausgegeben:

0x03 0x44 0x41 0x31 0x32 0x33 0x04 0x32 0x33

Anmerkung: „0x“ kennzeichnet eine hexadezimale Darstellung des digitalen Wertes.

Datenabfrage mit einem PC (Master) vom F-701-20 (Slave)

Antwort hängt *nicht* von der Adresse des Messinstrumentes ab (Parameter: „Gesystec Nr.“)

Feld-Nr.	Start byte	End byte	Datenformat	Feldbeschreibung
1	0	0	<STX>	Start Text
2	1	2	DA	Protokollkennung
3	3	3	<ETX>	Ende Text
4	4	4	<BCC1>	höherwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)
5	5	5	<BCC2>	niederwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)

Tab. 6.6: Datenabfrage mit PC von F-701-20 (nicht abhängig von Adresse des Messinstruments)

Datenabfrage mit einem PC (Master) vom F-701-20 (Slave)

Antwort hängt von der Adresse des Messinstrumentes ab (Parameter: „Gesystec Nr.“)

Feld-Nr.	Start byte	End byte	Datenformat	Feldbeschreibung
1	0	0	<STX>	Start Text
2	1	2	DA	Protokollkennung
3	3	5	nnn	Messgerätekennung (Geräteadresse, Zahl zwischen 0001...0255), parametrierbar am Messgerät
4	6	6	<ETX>	Ende Text
5	7	7	<BCC1>	höherwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)
6	8	8	<BCC2>	niederwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)

Tab. 6.7: Datenabfrage mit PC von F-701-20 (abhängig von Adresse des Messinstruments)

Datenübertragung vom F-701-20 (Slave) zum PC (Master)

Antwort des F-701-20 auf die oben beschriebenen Datenabfragen

Feld-Nr.	Start byte	End byte	Datenformat	Feldbeschreibung
1	0	0	<STX>	Start Text
2	1	2	MD	Protokollkennung
3	3	5	#nn	Anzahl der Instrumente des Messsystems
4	6	9	nnn	Messgerätekennung (Geräteadresse, Zahl zwischen 0001...0255), parametrierbar am Messgerät
5	10	18	±nnnn±ee#	Konzentration *oder* Masse; „nnnn“ wird mit einem Komma nach der ersten Ziffer in µg/m³ *oder* µg interpretiert; „ee“ = Zehnerexponent. Beisp. „+0047+03“ = 0,047•10³ µg/m³ = 47 µg/m³ *oder* 47 µg
6	19	21	hh#	Betriebsstatus (siehe Tabelle unten)
7	22	24	hh#	Fehlerstatus (siehe Tabelle unten)
8	25	35	hhh#hhhhh#	Instrument Typ-Nr., Rest nicht verwendet

Feld-Nr.	Start byte	End byte	Datenformat	Feldbeschreibung
9	36	36	<ETX>	Ende Text
10	37	37	<BCC1>	höherwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)
11	38	38	<BCC2>	niederwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)

Tab. 6.8: Datenübertragung (Antwort) vom F-701-20 an den PC

Belegung für Betriebs- und Fehlerstatus-meldungen

Betriebsstatus (Feld-Nr. 6)	Beschreibung
Bit 0	1 - Standby, 0 - Messung, Nullpunkt-, Referenz- oder Folienmessung
Bit 1	Folienmessung
Bit 2	Nullpunkt
Bit 3	Referenzmessung (Referenzcheck)
Bit 4	
Bit 5	
Bit 6	
Bit 7	Konzentrationsmessung

Tab. 6.9: Belegung für Betriebs- und Fehlerstatusmeldungen I

Betriebsstatus Bit 0 zeigt den aktuellen Zustand Standby/Messen an.

Die Betriebsstatus-Bits 1,2,3,7 zeigen an, welcher Art von Messung der im Feld 5 empfangene Messwert zuzuordnen ist, d.h., einer Konzentrationsmessung oder einer der Testmessungen.

Fehlerstatus (Feld-Nr. 7)	Beschreibung
Bit 0	Volumenfehler
Bit 1	Vakuumabbruch
Bit 2	Volumen < 500 Liter bzw. 250 Liter,bei ½ Stunde Absaugzeit
Bit 3	
Bit 4	
Bit 5	Batterie austauschen
Bit 6	Filterriss
Bit 7	

Tab. 6.10: Belegung für Betriebs- und Fehlerstatusmeldungen II

Die Fehlerstatus-Bits 0,1,2 zeigen an, dass bei der zugehörigen Konzentrationsmessung dieser Fehler aufgetreten ist.

Die Fehlerstausmeldungs-Bits 5,6 liegen aktuell an und haben keinen Bezug zur Konzentration dieser Übertragung.

Nicht definierte Bits enthalten „0“.

Befehls-Übertragung
von einem PC (Master)
zum F-701-20 (Slave)

Feld-Nr.	Start byte	End byte	Datenformat	Indexbeschreibung
1	0	0	<STX>	Start Text
2	1	2	ST	Protokollkennung
3	3	6	nnn#	Messgerätekennung (Geräteadresse, Zahl zwischen 0001...0255), parametrierbar am Messgerät
4	7	7	M, K, N oder S	(siehe auch Tabelle unten) Übertragungskontrollbefehl-Steuerzeichen startet den Messzyklus, ein Buchstabe (mnemonisch [▸ 129])
5	8	8	<ETX>	Ende Text
6	9	9	<BCC1>	höherwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)
7	10	10	<BCC2>	niederwertiges Block-Check-Zeichen (BCC)

Tab. 6.11: Befehls-Übertragung von einem PC (Master) zum F-701-20 (Slave)

Übertragungskontrolle

Feld-Nr. 4	Beschreibung
M	Messbetrieb
K	Referenzmessung
N	Nullpunkt
S	Stopp Messzyklus

Tab. 6.12: Übertragungskontrolle (Feld-Nr. 4 =)

Der ST-Befehl wird nur im Standby-Modus ausgeführt. Zum Erfassen des Standby-Modus' siehe Betriebsstatus der Daten (angefordert über DA-Befehl). Zum Stoppen eines Messzyklus' verwenden Sie den Übertragungskontrollbefehl „S“.

6.6.2.4 Erste Schritte

Ein Funktionstest des Gesytec-Protokolls kann leicht über ein Terminalprogramm, wie z.B. HyperTerminal – Hilgraeve® durchgeführt werden. In diesem Fall können Sie die 3 letzten Zeichen **(<ETX>, <BCC1>** und **<BCC2>**) durch ein **<CR>** ersetzen.

Probieren Sie zunächst die einfachste Abfrage aus: **<STX>DA<CR>**. **<STX>** erhalten Sie durch gleichzeitiges Drücken der Tasten **<Strg>** und b.

6.6.2.5 Beispiele:

Datenabfrage

Feld	1	2	3	4	5	Beschreibung
Format	<STX>	DA	<ETX>	<BCC1>	<BCC2>	Daten-Abfrage durch einen Master vom Sla-ve

Tab. 6.13: Master -> Slave (Protokollkennung „DA”)

Datenübertragung

Feld	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Beschr.
Format	<STX>	MD	nn#	nnn#	±nnnn±ee#	hh#	hh#	hhh#	<ETX>	<BCC1>	<BCC2>	Antwort vom Slave
Geräte Nr.			01									ein Gerät
Adresse				070								Zahl 001...255
Konzentr.					+0057+03							57µg/m³ oder 57µg
Funktion						00						Messung (Staub-, Nullpunkt-, Referenz oder Folienmessung)
Funktion						01						Standby
Funktion						02/03						Folienmessung/ Ergebnis + Standby
Funktion						04/05						Nullpunkt/ Ergebnis + Standby
Funktion						08/09						Referenzmessung/ Ergebnis + Standby
Funktion						80/81						Staubkozentration/ Ergebnis + Standby
Fehler							01					Volumenfehler
Fehler							02					Vakuum-Abbruch
Fehler							04					Volumen < 500 Liter
Fehler							20					Batterie
Fehler							40					Filterriss
Gerätetyp								701				F-701

Tab. 6.14: Slave -> Master (Protokollkennung „MD”)

Befehlsübertragung

Feld	1	2	3	4	5	6	7	Beschreibung
Format	<STX>	ST	nnn#	A	<ETX>	<BCC1>	<BCC2>	Antwort vom Slave
Geräte-Nr F701			255					1…255 (hier nur ein Beispiel)
Steuerzeichen				M				Messbetrieb
Steuerzeichen				K				Referenzmessung
Steuerzeichen				N				Nullpunkt
Steuerzeichen				S				Abbruch der Messung, zwingt F-701-20 in Standby

Tab. 6.15: Master -> Slave (Protokollkennung „ST”)

6.6.3 Terminalprogramm

Die Ausgabe über die RS232 Schnittstelle kann in ein Terminalprogramm erfolgen. Dazu müssen die Einstellungen zur Konfiguration der RS232 Schnittstelle wie im Kapitel [▶ 82] Schnittstellen beschrieben vorgenommen werden.

Zur besseren Weiterverarbeitung empfiehlt sich die Kommunikation mit einem Terminalprogramm (z.B. HyperTerminal – Hilgraeve®). Über die folgenden Tastatureingaben können Daten aus dem Datenlogger abgerufen werden:

P<CR>	Parameter
M<m y><CR>	Messungen von Monat (m) und Jahr (y)
E<m y><CR>	Fehler und Meldungen von Monat (m) und Jahr (y)
M?	gibt die Liste der im Datenspeicher vorhandenen Monate mit Messdaten aus
E?	gibt die Liste der im Datenspeicher vorhandenen Monate mit Meldungen aus

Tab. 6.16: Tastatureingaben

Erhält das F-701-20 einen unbekannten Befehl, sendet es einen kurzen Hilfetext. Die Befehlskette muss jeweils mit einem <CR> beendet werden.

Es folgen Beispiele für die Ausgabe möglicher Listen:

Hilfetext

```
P - Parameters
M m y - Measurement m-month, y-year
E m y - Error / Message
M?/E? - Data M/ E available?
```

Messwerte

Messwerte(1512360):

T	Datum	Zeit	ug/m3	Liter	F	BZ	ug	0-Rate	M-Rate	FiH C	C	hPa	%	IC
N	08.07.13	09:03	1.8	0	0	0	1.8	59104	59068	25.2	20.0	980	50.0	0
N	08.07.13	09:14	-2.9	0	0	0	-2.9	58999	59057	25.2	20.0	980	50.0	0
N	08.07.13	09:24	1.4	0	0	0	1.4	59015	58987	25.3	20.0	980	50.0	0
M	09.07.13	14:00	2.1	800	0	1	1.7	59491	59456	49.8	23.0	1023	43.4	0
M	09.07.13	15:00	6.3	883	0	2	5.6	59456	59343	50.0	24.7	1023	40.1	0
M	09.07.13	16:00	2.8	883	0	3	2.5	59343	59293	50.1	27.9	1022	36.2	0
M	09.07.13	17:00	1.9	883	0	4	1.7	59293	59259	50.0	28.9	1021	37.0	0
M	09.07.13	18:00	11.5	883	0	5	10.2	59259	59053	50.0	29.2	1021	38.1	0
M	09.07.13	19:00	3.4	883	0	6	3.0	59053	58993	49.9	28.9	1021	38.3	0
M	09.07.13	20:00	4.7	883	0	7	4.1	58993	58910	49.9	28.5	1021	37.6	0
M	09.07.13	21:00	13.7	883	0	8	12.1	58910	58667	49.9	28.3	1020	42.5	0
F	10.07.13	10:00	354.9	0	0	0	354.9	59127	52383	50.0	25.8	1018	38.6	0

Abb. 6.17: Messwerte

Erläuterungen:

- Die Überschrift enthält die Seriennummer des Messgerätes in Klammern
- T: Typ der Messung
  M = Messwert
  R = Referenzmessung
  N = Nullmessung
  F = Referenzfolienmessung.
- Datum und Zeit: jeweiliger Startzeitpunkt eines Messzyklus‘
- µg/m3: die gemessene Staubkonzentration pro Zyklus
- Liter: das abgesaugte Gasvolumen pro Zyklus
- F: Fehlermeldungen während der Betriebszyklen
  0 = kein Fehler
  1 = Volumenfehler
  2 = Vakuum-Abbruch
- BZ: bei Mehrfachbelegung Belegzahl pro Filterposition, sonst Null
- µg: gemessene Staubmasse pro Zyklus
- 0-Rate: Zählrate bei „sauberem“ Filter pro Minute vor dem Sammelzyklus
- M-Rate: Zählrate der Filterposition pro Minute nach dem Sammelzyklus

- FiH C: Filterhalter-Temperatur in °C
- C: Temperatur der Umgebungsluft oder Ersatzwert in °C
- hPa: Umgebungsluftdruck oder Ersatzwert in hPa
- %: relative Luftfeuchte oder Ersatzwert in %
- IC: Kontrollwert, nur für den internen Gebrauch

Fehler- und Betriebs-Statusmeldungen

```
Meldungen(1512360):
09.07.13 11:10 ------Einschalten Ser-No: 1233944
09.07.13 11:21 Benutzer Weiter
09.07.13 11:26 Vakuum Abbruch
09.07.13 11:28 Benutzer Weiter
09.07.13 11:42 ------Ausschalten
09.07.13 11:48 ------Einschalten Ser-No: 1233944
09.07.13 11:48 Kommt Fi-Ha. Temp
09.07.13 11:49 Geht Fi-Ha. Temp
09.07.13 11:50 Benutzer Weiter
09.07.13 12:29 UhrDatum gestellt
09.07.13 12:29 UhrDatum gestellt
09.07.13 13:08 Parameter Aender.
12.07.13 07:43 Benutzer Stopp
12.07.13 07:52 Parameter Aender.
12.07.13 07:53 Parameter Aender.
```

Ein relevantes Ereignis wird in die Meldungs-Datenbank eingetragen. Bei den Fehlermeldungen (siehe auch Kapitel 6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77] und 7.5 Fehlermeldungen / Troubleshooting [▸ 107]) sind es das Auftreten des Fehlers („Kommt") und bis wann der fehlerhafte Zustand bestand („Geht"). Zusätzliche Informationen, wie Einschalten des Gerätes oder ein Abbruch des Messzyklus durch einen Bediener werden ebenfalls erfasst.



7 Wartung

7 Wartung

Das F-701-20 ist ein einfach zu wartendes Messgerät.

Kundendienst-information

Auf Wunsch kann die Wartung auch von der DURAG GmbH übernommen werden. Gerne erläutern wir Ihnen die Vorteile eines Wartungsvertrags für Ihr Unternehmen. Auch die Inbetriebnahme der Messeinrichtung F-701-20 kann durch DURAG erfolgen. Unsere Serviceadressen und Telefonnummern finden Sie im Anhang auf Seite [▸ 133].

In diesem Kapitel werden die notwendigen Arbeiten erläutert.

Gerät in regelmäßigen Abständen kontrollieren und warten, insbesondere folgende Teile: Filterhalter, Transportrolle, Pumpe, Schläuche und Abluftfilter sowie der Proben-einlass.

Filterband falls erforderlich ersetzen. Wurde die Option Inhaltsstoffanalyse installiert, die Farbbandkassette des Druckers sowie die Abdeckfolie überprüfen und bei Bedarf austauschen.

Alle Arbeiten dürfen nur von entsprechend geschultem und autorisiertem Personal durchgeführt werden.

7.1 Sicherheit

GEFAHR

Hochspannung. Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr. Beschädigung der Isolation oder einzelner Bauteile kann lebensgefährlich sein.

- Bei Beschädigung der Isolation die Spannungsversorgung sofort abschalten und Reparatur veranlassen.
- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Vor Öffnen des Gehäuses bzw. Entfernen des Berührungsschutzes Netzkabel von der Stromversorgung trennen.
- Feuchtigkeit von spannungsführenden Teilen fernhalten. Diese kann zum Kurz-schluss führen.



WARNUNG



Verletzungsgefahr bei unzureichender Qualifikation!

Unsachgemäßer Umgang kann zu erheblichen Personen– und Sachschäden führen. Tätigkeiten nur durch entsprechend ausgebildetes Fachpersonal durchführen lassen! Die in Kapitel 2.4.1 Personal, Qualifikation [▸ 18] beschriebenen notwendigen Qualifikationen und Kenntnisse beachten

ACHTUNG



Beschädigung elektronischer Bauteile durch elektrostatische Entladung (ESD)

Elektronische Bauteile werden immer kleiner und komplexer. Damit steigt ihre Anfälligkeit gegen elektrostatische Entladungen. Zum Schutz dieser Komponenten müssen für alle Arbeiten am geöffneten Gerät Maßnahmen gegen elektrostatische Entladungen getroffen werden (ESD-Schutz).

Zur Vorbeugung statischer Aufladung des menschlichen Körpers können Servicemitarbeiter z.B. mit einem Personenerdungssystem ausgestattet werden.

VORSICHT



Verbrennungsgefahr (*nur bei Verwendung der optionalen Sondenrohrbegleitheizung*)

Das Heizband am Probenahmerohr kann eine Temperatur von ca. 50°C (122°F) erreichen. Es besteht Verbrennungsgefahr.

- Berühren Sie das heiße Probenahmerohr nicht ohne Schutzmassnahmen (z.B. hitzebeständige Handschuhe).
- Trennen Sie das F-701-20 Netzkabel von der Stromversorgung und warten Sie bis das Probenahmerohr abgekühlt ist.

Betreiben Sie das Produkt nur in einwandfreiem Zustand, unter Beachtung der Bedienungsanleitung. Stellen Sie eine zuverlässige und fundierte Wartung des Produktes sicher. Veränderungen zum Normalbetrieb sind ernstzunehmende Hinweise auf Funktionsbeeinträchtigungen. Prüfen Sie das Produkt auf zuverlässige Funktion und Sicherheit.

7.2 Übersicht Wartung

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über anfallende Wartungsarbeiten:

Zeitraum	Teil	Maßnahme
Für dauerhaft verlässliche Messergebnisse **empfehlen** wir folgende Wartungsarbeiten:		
bei Bedarf	Filterband	erneuern
	Farbbandkassette Filterband-Drucker	erneuern
	Abdeckfolie	erneuern
bei jeder Kontrolle	Temperatur Filterhalter	in der Anzeige prüfen
	Volumenstrom	in der Anzeige prüfen
	Zählraten	in der Anzeige prüfen
	Sensoren für T, p, rel. F (wenn vorhanden)	in der Anzeige prüfen
	Fehler-Datenbank	auf Fehlermitteilungen prüfen
6 Monate	Filterhalter	Ober- und Unterteil säubern
	Transportrolle	säubern
	Andruckrollen	säubern
	Abluftfilter	prüfen und ggf. austauschen
	Schläuche	prüfen und ggf. ausblasen
1 Jahr	Vakuumpumpe VTE 3	Filter und Dichtung austauschen
	Meteorologie-Sensor (wenn vorhanden)	zur Rekalibration einschicken an: DURAG GmbH

Tab. 7.1: Übersicht Wartung (empfohlen)

Zeitraum	Teil	Maßnahme
Für Messungen entsprechend EN12341:2014 (EG-Länder) sind folgende Wartungsarbeiten **vorgeschrieben**:		
ca. 30 Tage	Probeneinlass PM10	Düsen und Prallplatte reinigen, Prallplatte fetten
ca. 15 Tage	Probeneinlass PM2.5	
Das optimale Intervall für Reinigung und Fettung der Prallplatte ist abhängig von den Bedingungen am Stand-ort. Max. Dauer eines Intervalls: ≤ 1 Monat.		

Tab. 7.2: Übersicht Wartung Probeneinlass (vorgeschrieben)

Zeitraum	Teil	Maßnahme
Um die Saugleistung der Vakuumpumpe sicherzustellen* und zur Absicherung von Gewährleistungsansprü-chen sind folgende Wartungsarbeiten **vorgeschrieben**:		
1. **Wartung** nach einem Jahr oder ca. 8000 Betriebsstunden **weitere Wartung** dann immer nach 6 Wochen oder ca. 1000 Betriebsstunden	Vakuumpumpe VTE 3	Filter ausblasen und ggf. erneuern. Lamellen-Höhe kontrollieren und ggf. Lamellen erneuern. Dichtungen ggf. erneuern.
* siehe dazu auch Kapitel 8.3.2 Vakuumpumpe Typ VTE 3 [▸ 123]		

Tab. 7.3: Übersicht Wartung Vakuumpumpe (vorgeschrieben)

7.3 Wartung des Gerätes

Im Display folgende Punkte kontrollieren:

Größe	Sollwert	siehe Menü:
Temperatur Filterhalter	laut Sollwertvorgabe	6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77]
Volumenstrom	1000 Liter/h ±50 Liter	6.3.1 Mess-Modus [▸ 72]
Zählrate	zwischen ca.30000 - 70000 Pulse/ Minute	6.3.1 7.3.1. Mess-Modus, [▸ 72] (zusätzliche Informationen)
Temperatur, Luftdruck, relative Feuchte	Wurden Sensoren angeschlossen, werden die aktuellen Werte (ohne Sternchen!) an-gezeigt.	6.3.1 7.3.1. Mess-Modus [▸ 72], (zusätzliche Informationen)
Fehler-/ Mitteilungs-Datenbank	Es dürfen keine Fehlermeldungen enthalten sein, die… • …nicht wieder aufgehoben worden sind • …gehäuft immer wieder auftreten.	6.3.2.2 Meldungen anzeigen [▸ 75], ggf. Support & Service Team der DURAG Group kontaktieren [▸ 133]

Tab. 7.4: Wartung: Displaykontrolle

GEFAHR



Hochspannung. Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Bei Berührung mit spannungsführenden Teilen besteht unmittelbare Lebensgefahr. Beschädigung der Isolation oder einzelner Bauteile kann lebensgefährlich sein.

- Bei Beschädigung der Isolation die Spannungsversorgung sofort abschalten und Reparatur veranlassen.
- Arbeiten an der elektrischen Anlage nur von Elektrofachkräften ausführen lassen.
- Vor Öffnen des Gehäuses bzw. Entfernen des Berührungsschutzes Netzkabel von der Stromversorgung trennen.
- Feuchtigkeit von spannungsführenden Teilen fernhalten. Diese kann zum Kurzschluss führen.

- Filterhalter reinigen (mindestens alle 6 Monate):

1. Gerätedeckel entfernen.
2. Oberteil des Filterhalters demontieren.
3. Zunächst kontrollieren ob Abdeckfolie des GM-Rohres und der Quelle unbeschädigt sind. Bei Beschädigungen ist die Funktionsweise des Gerätes gestört und das beschädigte Teil muss ausgewechselt werden.
4. Den Innenbereich des Filterhalter-Oberteils **vorsichtig (!)** mit einem trockenen Tuch oder mit partikelfreier Druckluft (Spray-Dose) reinigen.
   Sollten sich Glasfaserreste abgelagert haben, die mit einem trockenen Tuch nicht entfernen werden können:
   Ein mit Alkohol (Isopropanol [▶ 129]) benetztes Tuch benutzen.
5. Übergangsstück zum Probenahmerohr ebenfalls mittels Druckluft reinigen.



Abdeckfolie des Zählrohrs nicht beschädigen!

Das Absorptionsverhalten der intakten Folie wird bei der Messung berücksichtigt. Eine beschädigte Folie führt zu einem undefinierten Messergebnis.



Abb. 7.1: Oberer Teil des Filterhalters (von unten)

- Beta-Strahler im Filterhalter-Unterteil **vorsichtig (!)** mit einem trockenen Tuch oder mit partikelfreier Druckluft (Spray-Dose) reinigen.
- Unteren Teil des Filterhalters ebenfalls reinigen:

1. Ansaugschlauch unten abziehen.

2. Öffnung des Gitters reinigen bzw. ausblasen.
   Sollten sich Glasfaserreste abgelagert haben, die mit einem trockenen Tuch nicht entfernen werden können:
   Ein mit Alkohol (Isopropanol) benetztes Tuch benutzen.
3. Ansaugschlauch wieder aufsetzen und mit Klemme sichern



Abb. 7.2: Unterer Teil des Filterhalters (Draufsicht)

- Nach Wiederanbau des Filterhalter-Oberteils die Dichtigkeit des Ansaugwegs prüfen:

1. Gerät an die Stromversorgung anschließen.
2. Gerät einschalten und Einzelmessung starten.

- Wenn die Vakuumpumpe arbeitet und sich ein Volumenstrom von 1000 l/h eingestellt hat:

1. Ansaugweg am Lufteinlass blockieren und während des Saugprozesses beobachten ob die Volumenstromanzeige bis auf 0 l/h sinkt.

- Transportrolle und Andruckrollen auf Verschmutzung überprüfen (besonders an den Rändern).
  Wenn erforderlich Transportrolle und Andruckrollen, z.B. mit einer weichen Bürste säubern.

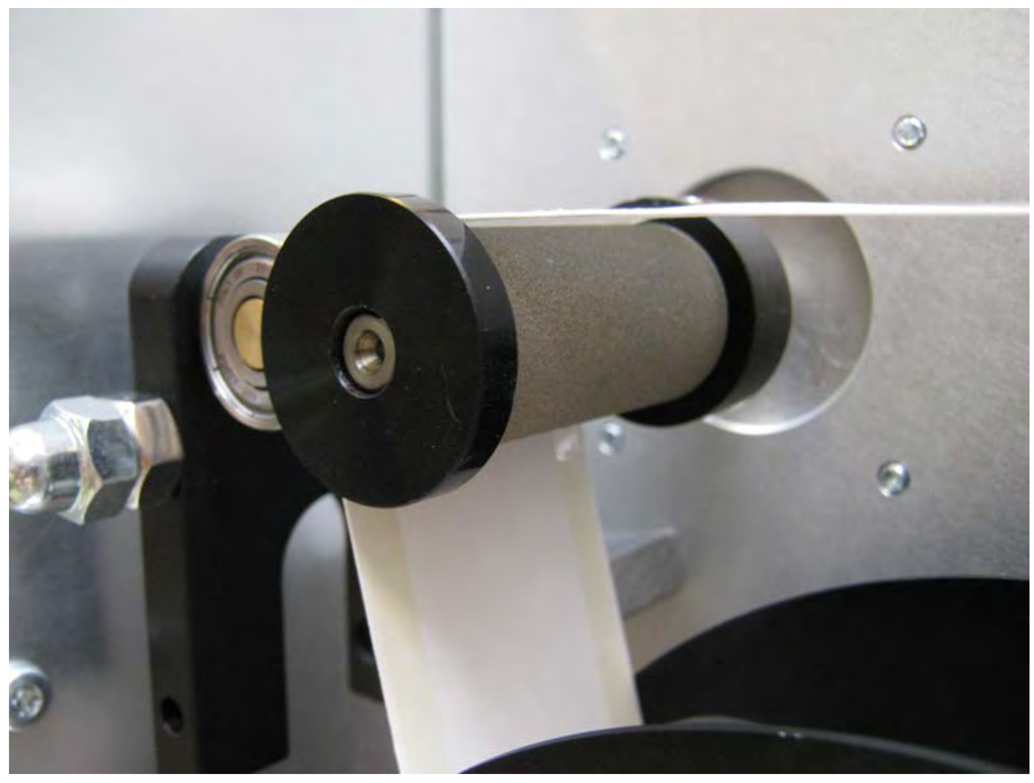


Abb. 7.3: Transportrolle (Andruckrolle dahinter teilweise sichtbar)

- Vakuumpumpe nach dem ersten Betriebsjahr regelmäßig warten:
  (siehe auch Hersteller-Wartungsanleitung Kapitel 8.3.2 Vakuumpumpe Typ VTE 3 [▸ 123]).

1. Austausch der Dichtungen, Filter und Kohlelamellen entsprechend Hersteller-Wartungsanleitung durchführen.
2. Je nach Umgebungsbedingungen die Kohlelamellen ca. alle 1000 Betriebsstunden (entspricht bei Dauerbetrieb ca. 6 Wochen) überprüfen.
   Abhängig von der festgestellten Abnutzung können die Intervalle angepasst werden (Details siehe 8.3.2 Vakuumpumpe Typ VTE 3 [▸ 123]).

- Mindestens halbjährlich die inneren Schläuche und das Abluftfilter auf Verschmutzung überprüfen:

1. Teile wenn erforderlich säubern oder gegebenenfalls austauschen.

7.4 Wartung des Probeneinlasses

Der Probeneinlass sollte je nach Typ regelmäßig nach EN12341:2014 oder US National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) 40 CFR, Part 50 gewartet und gereinigt werden. So schreibt die EN12341:2014 z.B. eine Reinigung und ein Einfetten der Impaktionsplatte des Probeneinlasses bei einem PM10-Kopf nach 30 Probenahmen (≙ 30 Tagen) und bei einem PM2.5-Kopf nach 15 Probenahmen (≙ 15 Tagen) vor. Das optimale Intervall für Reinigung und Fettung der Prallplatte ist abhängig von den Bedingungen am Standort. Max. Dauer eines Intervalls: ≤ 1 Monat.

7.5 Fehlermeldungen / Troubleshooting

Fehler, die während des Betriebes auftreten, werden vom Gerät im Display angezeigt und über den 50-poligen Datenausgang zur Auswertung bereitgestellt. Außerdem werden die Fehler in der Datenbank des F-701-20 gespeichert. Folgende Fehler werden überwacht:

Fehlerart	Ursache/Erkennung	Maßnahmen
Volumenfehler *Fehlercode 1*	Volumenstrom außerhalb des Bereiches von 950 bis 1050 Liter pro Stunde. Der Fehler muss mindestens 30 Sekunden in Folge vorliegen	1. Pumpe auf Funktion überprüfen. 2. Dichtigkeit der Leitungen prüfen. 3. Überprüfen, ob Leitungen verstopft sind. 4. Prüfen, ob Filterhalter richtig schließt. 5. Funktion der Durchflussreglung prüfen: Ansaugleitung blockieren und beobachten, ob die Displayanzeige sich ändert. 6. Funktion des Regelventils prüfen: Deckel vom Regelventil entfernen, Ansaugleitung blockieren und beobachten ob der Hebel im Regelventil seine Stellung ändert.
Filterriss	Befindet sich kein Filterpapier zwischen Quelle und GM-Rohr (z.B. bei Rollenende oder Reißen des Filterpapiers), so wird die Strahlungsintensität nicht mehr durch das Filterpapier gedämpft. Als Folge steigt die Zählrate über 138000 Impulse pro Minute.	Neues Filterpapier in das Gerät einlegen. Messungen starten. **Hinweis:** Das Ende der Filterbandrolle ist durch ein Loch im Filter ca. 1 m vor dem Ende des Filterbandes markiert. Öffnen Sie den Filterhalter und prüfen Sie, ob sich diese Markierung im Filterhalter befindet. Dann muss die Rolle komplett gewechselt werden (siehe 7.7 Anleitung zum Wechseln einer Filterrolle [▸ 108]).
Messbereichsfehler	Die gemessene Staubkonzentration liegt über oder unter dem parametrierten Messbereich.	Eventuell höhere Messbereichsgrenzen programmieren (Parameter/ MBE/20mA µg/m3, siehe 6.3.3.2 Parametermenü [▸ 77]).
Vakuumabbruch *Fehlercode 2*	Der Vakuumschalter signalisiert einen Unterdruck in der Ansaugleitung hinter dem Filter von mehr als -0,4 bar, relativ.	Tritt in der Regel nur bei sehr stark belegten Filterflecken auf. Die gemessene absolute Masse auf dem letzten Filterfleck überprüfen (beträgt dann in der Regel über 600 µg). Abhilfe: • Zykluszeit [▸ 129] verringern (und/oder) • Belegzahl [▸ 129] verringern (und/oder) • maximale Masse pro Filterfleck verringern. Benötigen Sie Hilfe bei der Fehlerbeseitigung? Wenden Sie sich an das DURAG GROUP Support & Service Team. Die Adressen und Telefonnummern finden Sie auf Seite [▸ 133]
Sammelstörung *Fehlercode 3*	Mehrere der vorgenannten Fehler sind zusammen aufgetreten.	

Tab. 7.5: Fehlermeldungen/ Troubleshooting

7.6 Berechnung zum Verbrauch von Filterband und Abdeckfolie

t_{Rolle} [h] = t_{Zykl} [h] • BZ • 45m/ 0,036m

t_{Rolle}	Zeit, in der die Rolle verbraucht ist
t_{Zykl}	Parameter Zykluszeit
BZ	Parameter Beleg Zahl
45m	Länge der Rolle
0,036m	Abstand Sammelfleck

Tab. 7.6: (GL5) Berechnung zum Verbrauch von Filterband und Abdeckfolie

Beispiel:

t_{Rolle} = 1h
BZ = 3
t_{Rolle} 1h * 3 • 45m/0,036m = 3750h, d.h. ca. 5 Monate

Eine 30m Rolle müsste entsprechend früher ersetzt werden.

7.7 Anleitung zum Wechseln einer Filterrolle



Abb. 7.4: Gerätetür öffnen

1. Öffnen Sie die Gerätetür. Lösen Sie dazu die beiden Schrauben auf der linken Seite der Tür. Klappen Sie die Tür auf. Dahinter befindet sich das Fach mit den Filterrollen.



Abb. 7.5: Öffnen der Vorratsrolle

2. Entfernen Sie durch Drehen das Vorderteil der Vorratsrolle, während Sie zugleich das Rückteil festhalten.

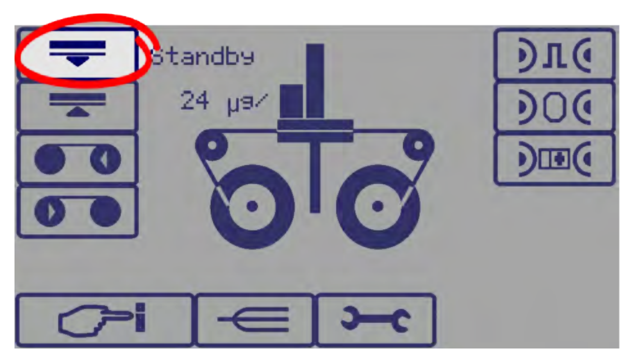


Abb. 7.6: Wartungsmenü

3. Öffnen Sie das Filtergehäuse über die Taste [Taste] im Wartungsmenü.

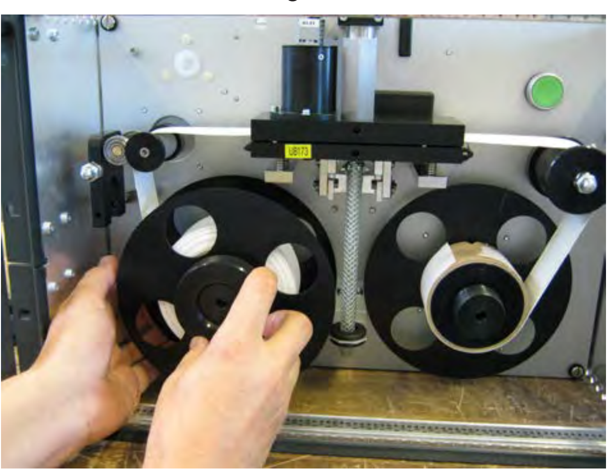
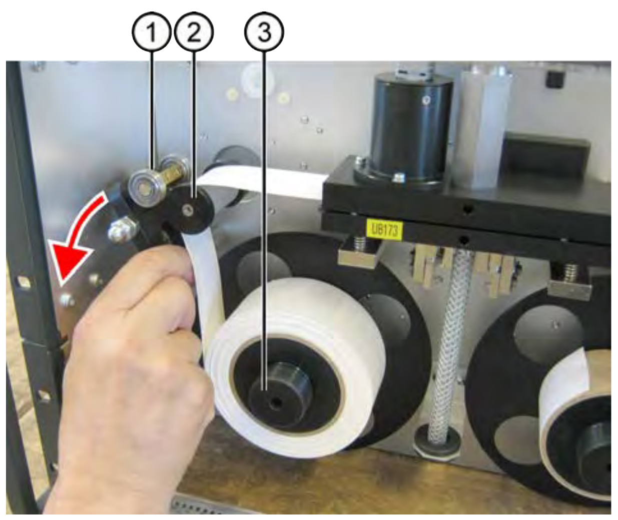


Abb. 7.7: Öffnen der Aufwickelrolle

4. Entfernen Sie durch Drehen das Vorderteil der Aufwickelrolle während Sie zugleich das Rückteil festhalten.



1	Andruckrolle	2	Transportrolle	3	Aufwickelrolle

Abb. 7.8: Andruckrolle abklappen

5. Klappen Sie die Andruckrolle nach *links* und rasten Sie sie an der dafür vorgesehenen Stelle ein. Anschließend kann der restliche Teil des Bandes entfernt werden. Kontrollieren Sie die Transportrolle und reinigen Sie sie falls erforderlich. Behalten Sie die leere Papprolle und verwenden Sie sie wieder für die Aufwickelrolle.

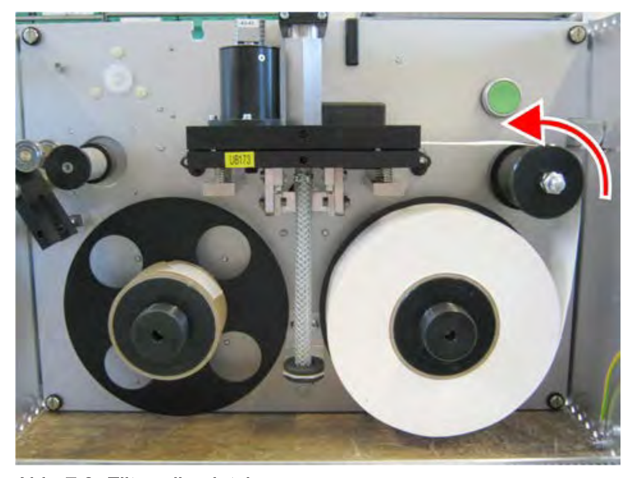
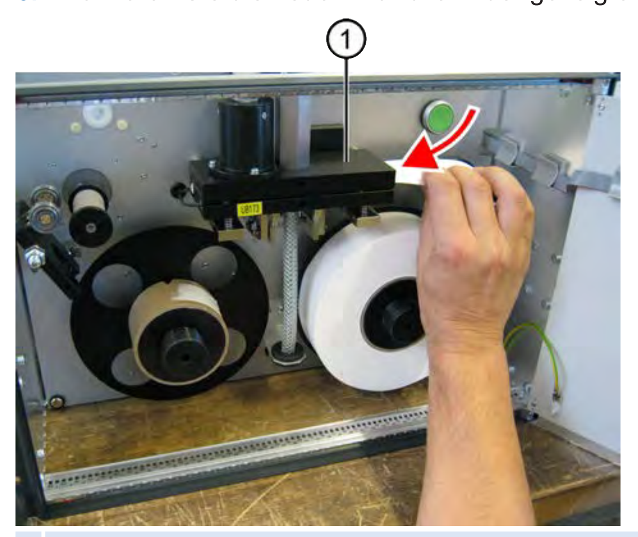


Abb. 7.9: Filterrolle platzieren

6. Platzieren Sie die neue Filterrolle in der gezeigten Richtung.



1	Filtergehäuse

Abb. 7.10: Filterband einschieben

7. Schieben Sie das Band von rechts durch das geöffnete Filtergehäuse.



Abb. 7.11: Filterband an der Transportrolle entlangführen

8. Führen Sie das Band behutsam an der Transportrolle entlang.

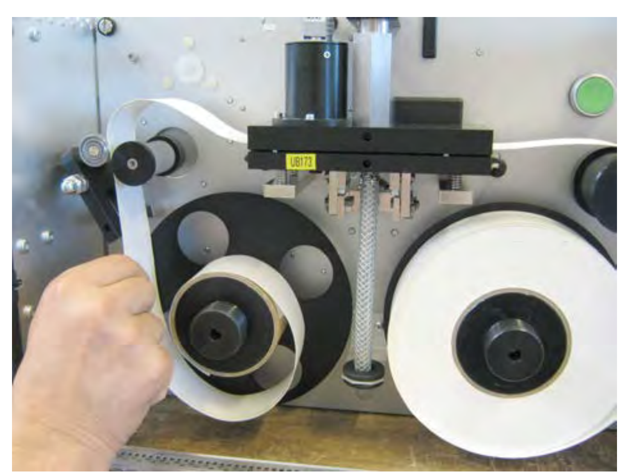


Darauf achten, das Filterband nicht über die raue Oberfläche der Transportrolle zu schleifen! Die Rolle verschmutzt sonst durch die feinen Glasfasern.

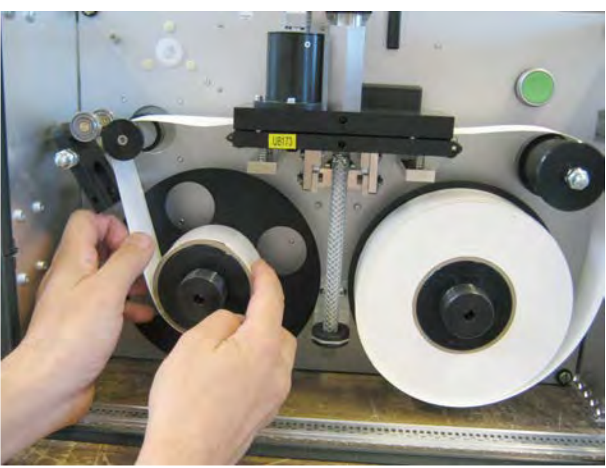


Abb. 7.12: Band mit Klebestreifen fixieren

9. Fixieren Sie das Band mit einem Klebestreifen an der Papphülse.


Abb. 7.13: Filterband nachziehen

10. Ziehen Sie etwas mehr Filterband in Richtung der Aufwickelrolle nach, **ohne** es über die raue Oberfläche der Transportrolle zu schleifen.


Abb. 7.14: Filterband mehrmals um die Aufwickelrolle drehen

11. Drehen Sie dann die Aufnahmerolle 2 bis 3 Mal nach links, um das Band sicher zu fixieren.
    Unzureichend befestigte Filterbänder können sich um die Transport− oder Andruckrolle wickeln.



Abb. 7.15: Andruckrolle wieder einrasten

12. Drücken Sie die Andruckrolle wieder nach rechts und rasten Sie sie an der dafür vorgesehenen Stelle ein, so dass das Band auf die Transportrolle gedrückt wird.



Abb. 7.16: Vorderteil der *Aufwickelrolle* wieder aufschrauben

13. Schrauben Sie das Vorderteil der Aufwickelrolle wieder auf und fixieren Sie es durch Drehen während Sie das Rückteil festhalten.



Abb. 7.17: Vorderteil der *Vorratsrolle* wieder aufschrauben

14. Schrauben Sie das Vorderteil der Vorratsrolle wieder auf und fixieren Sie es durch Drehen während Sie das Rückteil festhalten.

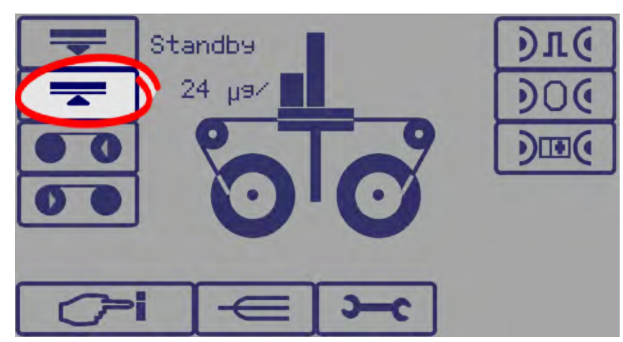


Abb. 7.18: Wartungsmenü

15. Schließen Sie das Filtergehäuse durch Drücken der Taste [Symbol] im Wartungsmenü.



Abb. 7.19: Gerätetür schließen

16. Klappen Sie die Gerätetür zu. Drehen Sie die beiden Schrauben auf der linken Seite der Tür wieder fest.

Anhang

8 Anhang

8 Anhang

8.1 Technische Daten

Messprinzip	Absorption von Beta Strahlung
Strahler	C-14-Flächenstrahler, umschlossen, Halbwertzeit = 5730 Jahre, Gesamtradioaktivität <450 kBq (<12.5 µCi)
Detektor	Geiger-Müller-Endfensterzählrohr
phys. Messbereiche Konzentration typischer Messbereich	0-10 mg/m³ 0-200 µg/m³
Nachweisgrenze	< 1 µg/m³
Rüstzeit	ca. 2-3 Stunden, je nach Vorbereitung
Einlaufzeit	ca. 1 Stunde
Filterbandverbrauch	0,5 bis 1,5 Rollen/a je nach Anwendung (siehe 7.6 Berechnung zum Verbrauch von Filterband und Abdeckfolie [▶ 108])
Wartungsintervall (außer Filterband, Probeneinlass, Volumenpumpe)	ca. ½ Jahr
Wartungsintervall Volumenpumpe	nach dem 1. Jahr alle 6 Wochen
Wartungsintervall Probeneinlass	PM10-Kopf: max. alle 30 Tage (gem. EN12341:2014) PM2.5-Kopf: max. alle 15 Tage (gem. EN12341:2014)
Messwertausgang/Schnittstellen	2 x 4 - 20 mA (Ausgabe frei parametrierbar) 1 x RS232, z.B. Gesytec-Protokoll (Bayern/Hessen Protokoll) 1 x RS485, Modbus RTU (in Vorbereitung)
Messwertaufzeichnung	9 Monate
Meldungs-/Fehleraufzeichnung	9 Monate
Messzyklus	vom Benutzer auswählbar, zwischen 15 Minuten und 24 Stunden
Mehrfachbelegung	max. 24 Zyklen pro Filterfleck
Temperatur Filtergehäuse	20°C bis 50°C (68°F bis 122°F), geregelt als Festwert oder Nachführung als Funktion der Außentemperatur oder der Taupunkttemperatur
Probengas-Volumenstrom	1000 l/h, max. Abweichung ±2%, geregelt
Energieversorgung	230 VAC / 50 / 60 Hz / 2,9 A oder 115 VAC / 50 / 60 Hz / 5,8 A *Siehe Typenschild!*
Gerätesicherung	230V 4 A (träge) 115V 6,3 A (träge)
Überspannungskategorie	CAT II
Schutzart	IP 20
Gewicht	31 kg (68 lbs)
Abmessungen (H x B x T)	320 x 482 x 530 mm (12.6 x 19 x20.9“) 19“Einschub/ Tischgerät
Farbe	ähnlich RAL 7032 (grau)
Aufstellungshöhe	≤ 2000 m ü.NN
Zul. Umgebungstemperatur Gerät	0°C bis +40°C (32°F bis 104°F), nicht kondensierend (Eignungsgeprüft: +5°C bis +40°C (41°F bis 104°F))

Zul. Temperatur Probengas/ am Messkopf	-20°C bis +50°C (-4°F bis 122°F)
Filtermaterial	Glasfaserfilter (schwermetallarm), Retention = 99,95% für 0,3µm Partikel-Durchmesser
Filterfläche	0.79 cm² (0.12 in²)
Filtervorschub	36 mm (1.4“)
Filterbandlängen	30 m, 45 m (98 ft, 148 ft)
Probenahmesystem PM10-Einlass PM2.5-Einlass	TSP-Einlass (VDI 2463, Blatt 8 - Deutschland); EN 12341:1999/ EN 12341:2014/ NAAQS 40 CFR, Part 50; EN 14907:2005/ EN14907:2014/ NAAQS 40 CFR, Part 50 Probenahmerohr (einfach oder Doppelrohr mit aktiver Belüftung im Hüllrohr)
Bedienung	Touchscreen
Meteorologische Sensoren	
Temperatursensor *(PT100, optional)*	Messbereich -20°C…+50°C (-4°F…122°F) Genauigkeit ± 0,5K
Sensor für Temperatur und rel. Feuchte *(optional)*	• Temperatur Messbereich -50°C…+100°C (-58°F…212°F) Genauigkeit ± 0,1K • rel. Feuchte Messbereich 0…100% Genauigkeit ± 0,8%
Luftdrucksensor *(optional)*	Messbereich 800…1300hPa Genauigkeit typ. 2,5hPa, max 5hPa
Sondenrohrbegleitheizung *(optional)*	Heizbandage mit Temperaturfühler

Tab. 8.1: Technische Daten

PM10	EN 12341:1999 VDI 4202 – Blatt 1 und 3 (Deutschland)
PM2.5	EN14907:2005 VDI 4202 – Blatt 1 (Deutschland) VDI 4203 – Blatt 3 (Deutschland) Leitfaden „DEMONSTRATION OF EQUIVALENCE OF AMBIENT AIR MONITORING METHODS“ (GDE:2010)

Tab. 8.2: Eignungsgeprüft nach:

8.2 Geräteabmessungen und Mindestabstände

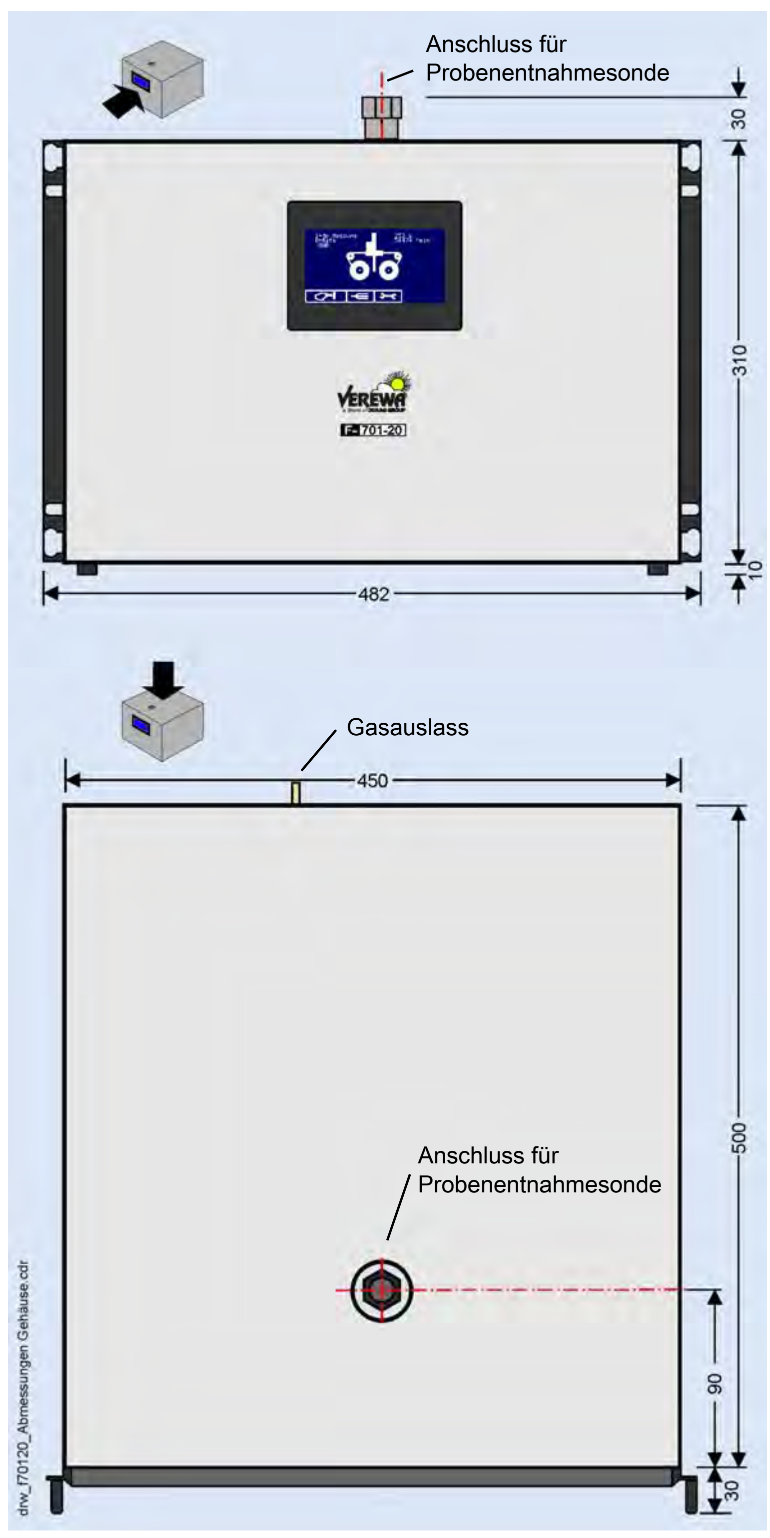


Abb. 8.1: Geräteabmessungen F-701-20

Handgriff Handgriff

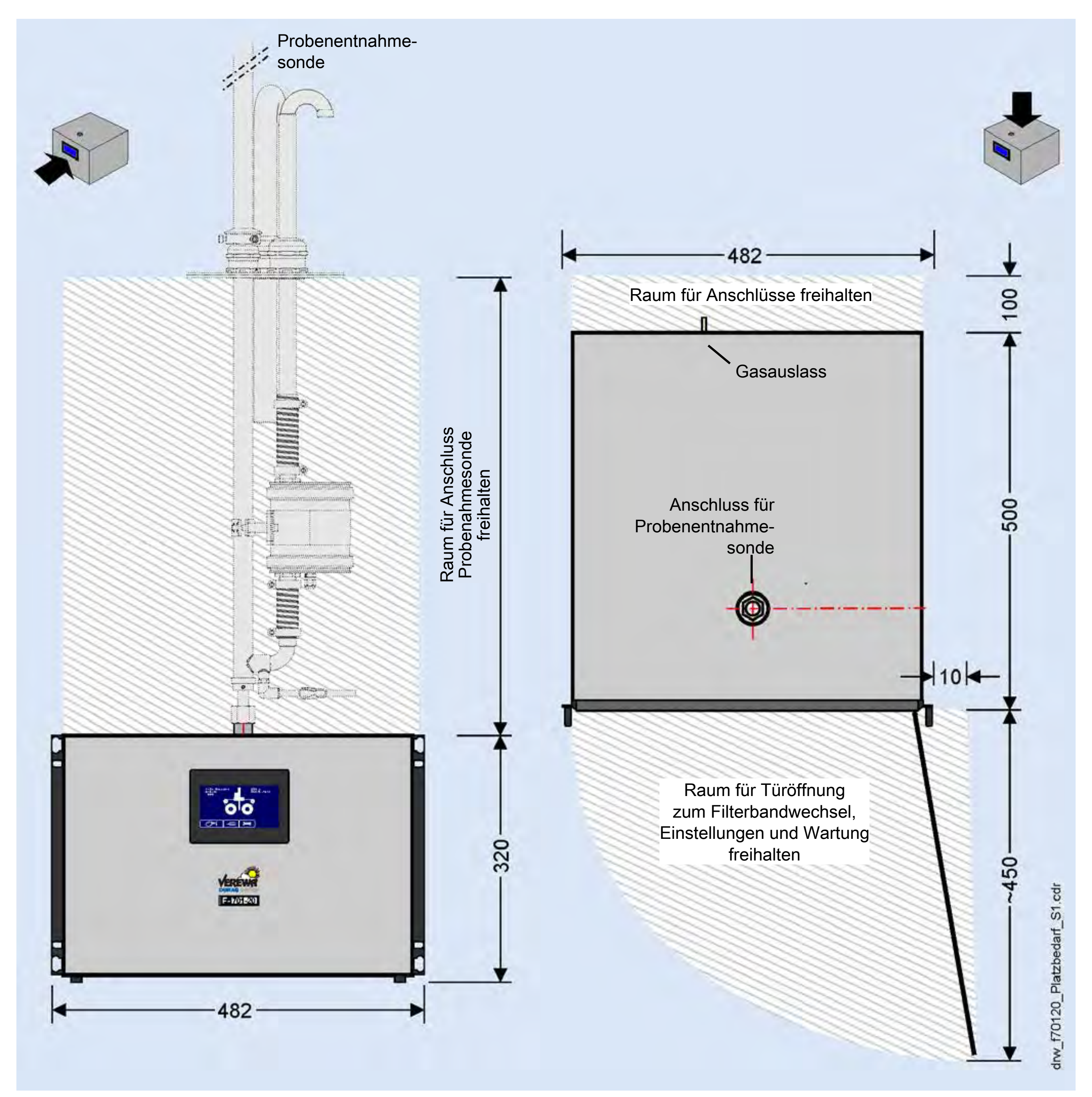


Abb. 8.2: Platzbedarf F-701-20

Handgriff Handgriff

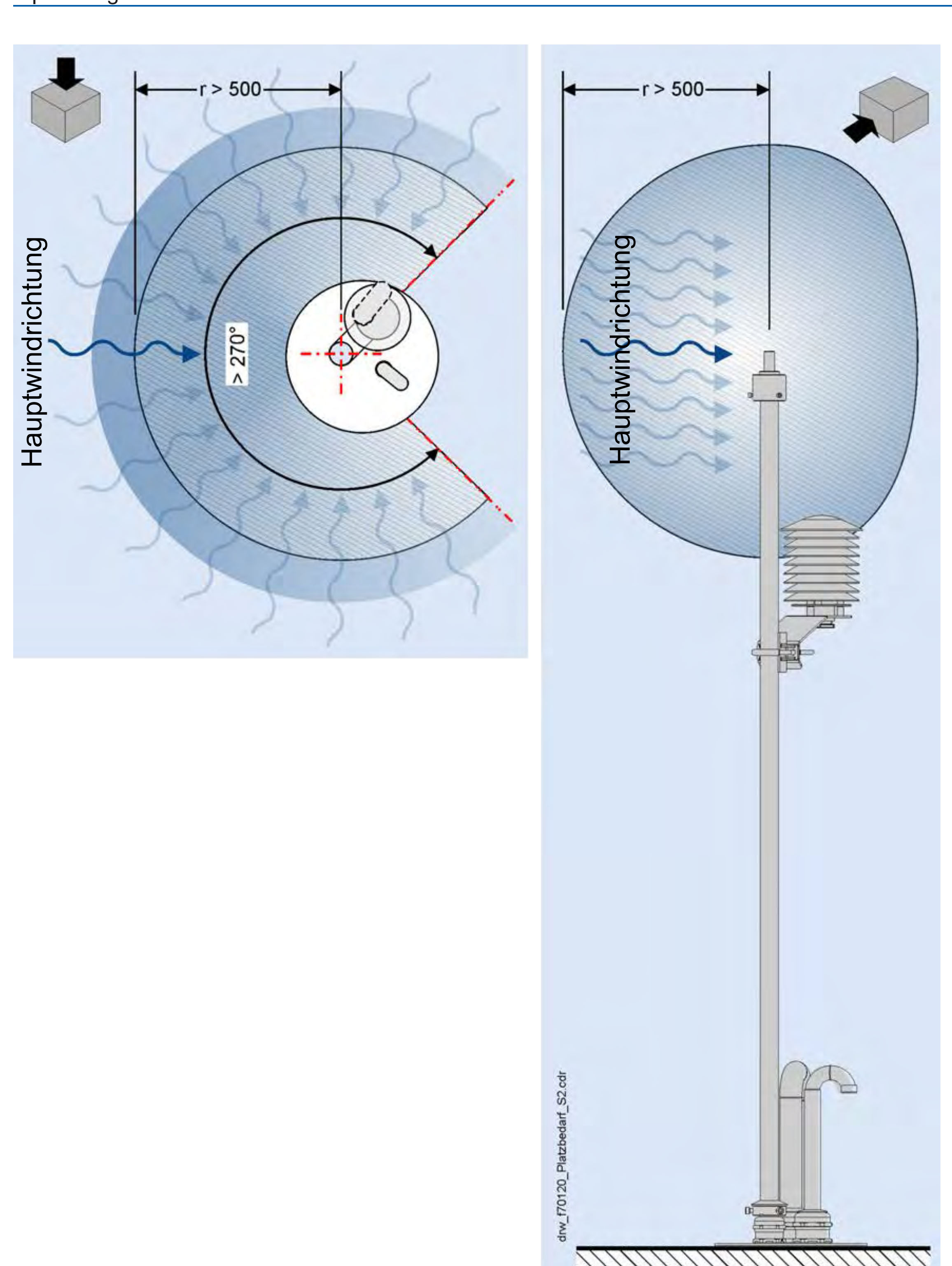


Abb. 8.3: Mindestabstand zur Probenahme

8.3 Serviceunterlagen

8.3.1 Parameterliste

Parameter Ausdruck 15.07.14 11:15		
--------------------------	Stammdaten: -------------	----------------------------
Beta Staubmeter F 701-20		
Serien Nr.Geraet 1512360	Serien Nr.CPU 1233944	
Silicon Serial Number	C2-70-00-00-00-0C-DF-A2	
SW 3.10		
--------------------------	Parameter: --------------	----------------------------
Zykluszeit 1 h	Belegzahl 3	Ersatzwert T [C] 20
Ersatzwert [hPa] 1013	Ersatzwert rF[%] 50	Modus Start 60 Min
MBE/20mA [ug/m3] 200	Modus 20mA Ausg1 conc	Modus 20mA Ausg2 mass
Sprache Deutsch	MBE Ref/20mA[ug] 1000	Integral 1
Modus Temperatur humidity	Filterh.Soll [C] 3	Rohr Soll [C] 3
Modus Nullrueck. inactive	Modus Synch h:00 -1	Max. Masse [ug] 400
Offset Masse[ug] 0	Span Masse 1	Span Volumen 1.01
Offset Temp. [C] 0	Offset Druck hPa -5	
Modus RS232 terminal	Gesytec Nr. 123	Baud 9600bd
Parity/Bit no 8	RS485 inactive	
--------------------------	Fertigungseinstellungen:	----------------------------
Offset sc1 [ug] 0	Offset sc2-n[ug] 0	Span Service 1.0917
Offs Fi-Ha[0.1C] 0	Filter adapt.100 4263	Filter adapt.120 9005
Tube heater 100 4270	Tube heater 120 9042	Temperature 100 4297
Temperature 120 9042	Volumesensor 1 V 3283	Volumesensor 5 V 15623
Pressure 4 mA 4025	Pressure 20 mA 15672	Reserve 4 mA 4000
Reserve 20 mA 15000	b 20 mA Out1 0.994	c 20 mA Out1 0.009
b 20 mA Out2 0.998	c 20 mA Out2 0.024	
Meldung debounce 10	Beta Sensor GM tube	Geraetetyp F701- 20
Filter Motor micro	Abstand Qu./Rohr 1600	Abstand Flecken 1600
Intell. Korr. Active 1	ICC Wert 0.38	Vol. GM Quelle 780
Filter Drucker active		
Sensor Luft T meteor.	Sensor Luft p 4/20mA	Druck b 31.25
Druck c 675	Sensor Luft rF meteor.	

Tab. 8.3: Standard Parameter (ab Software-Version 3.07)

Die hier dargestellten Werte sind *beispielhaft* und variieren von Gerät zu Gerät je nach Ausstattung. Eine spezielle, geräteeigene Parameterliste liegt der Lieferung des F-701-20 bei.

8.3.2 Vakuumpumpe Typ VTE 3

Betriebsanleitung für Vakuumpumpe

Ausführungen
Diese Betriebsanleitung gilt für folgende trockenlaufende Dreh-schieber-Vakuumpumpen: VTE 3 → VTE 10.
Die Abhängigkeit des Saugvermögens vom Ansaugdruck zeigt das Datenblatt D 187.

Beschreibung
Die genannte Typenreihe hat saugseitig einen Schlauch-anschluß und druckseitig einen Ausblasschalldämpfer. Die angesaugte Luft wird durch ein eingebautes Mikro-Feinfilter gereinigt. Der Motorventilator sorgt für die Kühlung von Motor- und Pumpengehäuse.
Motor und Pumpe haben eine gemeinsame Welle.
Zubehör: Bei Bedarf Vakuum-Regulierventil (ZRV), Rück-schlagventil (ZRK) und Motorschutzschalter (ZMS).

Verwendung
Die Vakuumpumpen VTE sind für den Einsatz im gewerblichen Bereich geeignet, d.h. die Schutzein-richtungen entsprechen EN DIN 294 Tabelle 4 für Perso-nen ab 14 Jahren.
Die VTE eignet sich zum Evakuieren von geschlossenen Systemen oder für ein Dauervakuum in folgendem Ansaug-druck-Bereich: 150 bis 1000 mbar (abs.)
Die Umgebungstemperatur und die Ansaug-temperatur muß zwischen 5 und 40°C liegen. Bei Temperaturen außerhalb dieses Bereiches bitten wir um Rücksprache.
Diese trockenlaufenden Vakuumpumpen eignen sich zum Fördern von Luft mit einer relativen Feuchte von 30 bis 90 %.
Es dürfen keine gefährlichen Beimengungen (z.B. brennbare oder explosive Gase oder Dämpfe), ex-trem feuchte Luft, Wasserdampf, aggressive Gase oder Spuren von Öl, Öldunst und Fett angesaugt werden.
Die Standard-Ausführungen dürfen nicht in explosionsgefährdeten Räumen betrieben werden.
Bei Anwendungsfällen, wo ein unbeabsichtigtes Abstellen oder ein Ausfall der Vakuumpumpe zu einer Gefährdung von Personen oder Einrichtungen führt, sind entsprechende Sicherheitsmaßnahmen anlagen-seits vorzusehen.



Handhabung und Aufstellung (Bild ❶ und ❷)
Bei betriebswarmer Pumpe können bei der VTE 6 und VTE 8 die Oberflächentemperaturen an den Bauteilen (Q) über 70°C ansteigen. Dort ist eine Berührung zu vermeiden.
Zum Demontieren des Gehäusedeckels (d) müssen für Wartungsarbeiten mindestens 20 cm Platz vorhanden sein. Zusätzlich ist zu beachten, daß die Kühllufteintritte (E) und Kühlluftaustritte (F) mindestens 8 cm Abstand zur nächsten Wand haben (austretende Kühlluft darf nicht wieder angesaugt werden).
Die VTE können in horizontaler Einbaulage fehlerfrei betrieben werden. Andere Einbaulagen auf Anfrage.
Bei Aufstellung höher als 1000 m über dem Meeresspiegel macht sich eine Leistungsminderung bemerkbar. In diesem Fall bitten wir um Rücksprache.
Die Aufstellung der Vakuumpumpen auf festem Untergrund ist ohne Verankerung möglich. Bei Aufstellung auf einer Unterkonstruktion empfehlen wir eine Befestigung über elastische Pufferelemente. Die Vibrationen dieser Dreh-schieber-Vakuumpumpen sind sehr gering.

Installation (Bild ❶ und ❷)
Bei Aufstellung und Betrieb ist die Unfallverhütungsvorschrift »Verdichter« VBG 16 zu beachten.

1. Vakuumanschluß bei (A). Die abgesaugte Luft kann durch den Ausblasschalldämpfer (B) ausgeblasen oder über Schlauchanschluß und Leitung weggeführt werden.

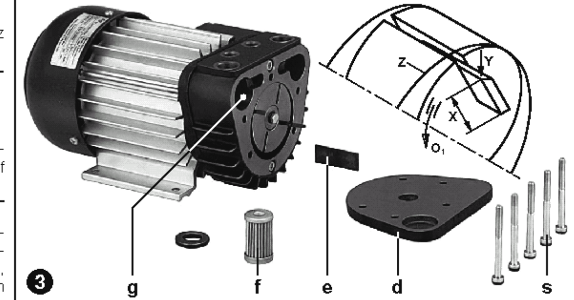
Bei zu enger und / oder langer Saugleitung vermindert sich das Saugvermögen der Vakuumpumpe.

2. Die elektrischen Motordaten sind auf dem Motordatenschild (P) angegeben. Die Motoren entsprechen DIN/VDE 0530 und sind in Schutzart IP 54 und Isolationsklasse B oder F ausgeführt. Das entsprechende Anschlußschema befindet sich im Klemmenkasten des Motors (entfällt bei Ausführung mit Stecker-Anschluß). Die Motordaten sind mit den Daten des vorhandenen Stromnetzes zu vergleichen (Stromart, Spannung, Netzfrequenz, zulässige Stromstärke).
3. Motor über Motorschutzschalter anschließen (zur Absicherung ist ein Motorschutzschalter und zur Zugentlastung des Anschluß-Kabels ist eine Pg-Verschraubung vorzusehen).
   Wir empfehlen die Verwendung von Motorschutzschaltern, deren Abschaltung zeitverzögert erfolgt, abhängig von einem evtl. Überstrom. Kurzzeitiger Überstrom kann beim Kaltstart der Pumpe auftreten.

Die elektrische Installation darf nur von einer Elektrofachkraft unter Einhaltung der EN 60204 vorgenommen werden. Der Hauptschalter muß durch den Betreiber vorgesehen werden.

Inbetriebnahme(Bild ❶)

1. Motor zur Drehrichtungsprüfung (Motordatenschild (P)) kurz starten.
   Achtung! Vakuumanschluß muß offen sein, sonst können bei falscher Drehrichtung die Lamellen brechen.
2. Saugleitung an (A) anschließen.
3. Vakuum-Regulierventil (Zubehör):
   Die Einstellung des Vakuums kann durch Drehen des Regulierknopfes (C) entsprechend dem auf dem Drehknopf angebrachten Symbolschild erfolgen.



Risiken für das Bedienungspersonal

Geräuschemission: Die höchsten Schalldruckpegel (ungünstigste Richtung und Belastung), gemessen nach den Nennbedingungen DIN 45635 Teil 13 (entsprechend 3.GSGV), sind in der Tabelle im Anhang angegeben. Wir empfehlen bei andauerndem Aufenthalt in der Umgebung der laufenden Pumpe das Benutzen persönlicher Gehörschutzmittel, um eine Dauerschädigung des Gehörs zu vermeiden.

Wartung und Instandhaltung

Bei Wartungsmaßnahmen, bei denen Personen durch bewegte oder spannungsführende Teile gefährdet werden können, ist die Pumpe durch Ziehen des Netzsteckers oder Betätigen des Hauptschalters vom E-Netz zu trennen und gegen Wiedereinschalten zu sichern. Wartung nicht bei betriebswarmer Pumpe durchführen. (Verletzungsgefahr durch heiße Maschinenteile).

1. Schmierung Die VTE hat eine Dauerfettschmierung für die Lager und braucht nicht nachgeschmiert zu werden.

2. Luftfilterung (Bild ❸)

Bei ungenügender Wartung des Luftfilters vermindert sich die Leistung der Vakuumpumpe.

Die Filterpatrone (f) ist je nach Verunreinigung monatlich durch Ausblasen von innen nach außen zu reinigen. Trotz Reinigen des Filters wird sich dessen Abscheidungsgrad zunehmend verschlechtern. Wir empfehlen daher eine jährliche Erneuerung des Filters (bei extremen Bedingungen müssen diese Wartungsintervalle je nach Notwendigkeit verkürzt werden).
Filterwechsel: Gehäusedeckel (d) abschrauben. Filterpatrone (f) mit Dichtungen aus Filterraum (g) herausnehmen. Filter reinigen bzw. austauschen und Dichtungen überprüfen. Der Einbau erfogt in umgekehrter Reihenfolge.

3. Lamellen (Bild ❸)

Lamellenkontrolle: Die Type VTE hat 4 Kohlelamellen, die sich während des Betriebs allmählich abnützen.
Erste Kontrolle nach 6.000 Betriebsstunden, danach alle 1.000 Betriebsstunden. Gehäusedeckel (d) vom Gehäuse abschrauben. Lamellen (e) zur Überprüfung herausnehmen. Alle Lamellen müssen eine Mindesthöhe (X) von größer als 10 mm (VTE 3 + VTE 6) und 12 mm (VTE 8 + VTE 10) haben.

Die Lamellen dürfen nur satzweise gewechselt werden.

Lamellenwechsel: Stellt man bei der Lamellenkontrolle fest, daß die Mindesthöhe bereits erreicht oder unterschritten ist, so ist der Lamellensatz zu wechseln. Gehäuse und Rotorschlitze ausblasen. Lamellen in die Rotorschlitze einlegen. Beim Einlegen ist darauf zu achten, daß die Lamellen mit der schrägen Seite (Y) nach außen zeigen und diese Schräge in Drehrichtung (O_1) mit dem Verlauf der Gehäusebohrung (Z) übereinstimmt. Gehäusedeckel (d) leicht anschrauben. Pumpe kurz einschalten und den freien Lauf der Lamellen überprüfen. Gehäusedeckelschrauben (s) fest anschrauben.

Störungen und Abhilfe

1. Vakuumpumpe wird durch Motorschutzschalter abgeschaltet:
1.1 Netzspannung/Frequenz stimmt nicht mit den Motordaten überein.
1.2 Anschluß am Motorklemmbrett ist nicht korrekt.
1.3 Motorschutzschalter ist nicht korrekt eingestellt.
1.4 Motorschutzschalter löst zu rasch aus. Abhilfe: Verwendung eines Motorschutzschalters mit überlastabhängiger Abschaltverzögerung, die den kurzzeitigen Überstrom beim Start berücksichtigt (Ausführung mit Kurzschluß- und Überlastauslöser nach VDE 0660 Teil 2 bzw. IEC 947-4).
1.5 Der Gegendruck bei Wegleitung der Abluft ist zu hoch.

2. Saugvermögen ist ungenügend:
2.1 Ansaugfilter ist verschmutzt.
2.2 Saugleitung ist zu lang oder zu eng.
2.3 Undichtigkeit an der Pumpe oder im System.
2.4 Lamellen sind beschädigt.

3. Enddruck (max. Vakuum) wird nicht erreicht:
3.1 Undichtigkeit auf der Saugseite der Vakuumpumpe oder im System.
3.2 Lamellen sind abgenützt oder beschädigt.

4. Vakuumpumpe wird zu heiß:
4.1 Umgebungs- oder Ansaugtemperatur ist zu hoch.
4.2 Kühlluftstrom wird behindert.
4.3 Fehler wie unter 1.5.

5. Vakuumpumpe erzeugt abnormales Geräusch:
5.1 Das Pumpengehäuse ist verschlissen (Rattermarken). Abhilfe: Reparatur durch Hersteller oder Vertragswerkstatt.
5.2 Das Vakuum-Regulierventil (falls vorhanden) "flattert". Abhilfe: Ventil ersetzen.
5.3 Lamellen sind beschädigt.

Anhang:

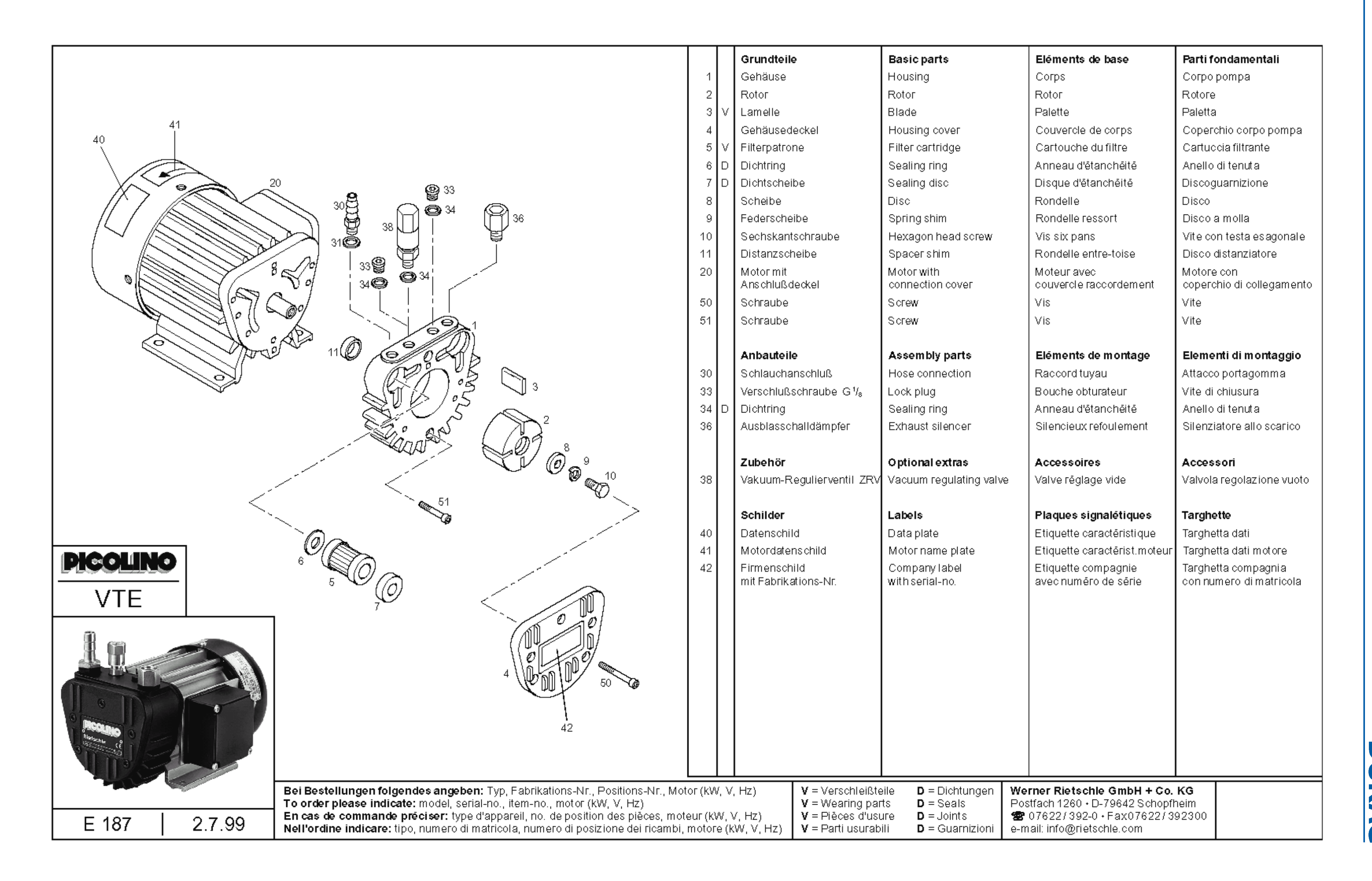
Reparaturarbeiten: Bei Reparaturarbeiten vor Ort muß der Motor von einer Elektrofachkraft vom Netz getrennt werden, so daß kein unbeabsichtigter Start erfolgen kann. Für Reparaturen empfehlen wir den Hersteller, dessen Niederlassungen oder Vertragsfirmen in Anspruch zu nehmen, insbesondere, wenn es sich evtl. um Garantiereparaturen handelt. Die Anschrift der für Sie zuständigen Service-Stelle kann beim Hersteller erfragt werden (siehe Hersteller-Adresse). Nach einer Reparatur bzw. vor der Wiederinbetriebnahme sind die unter "Installation" und "Inbetriebnahme" aufgeführten Maßnahmen wie bei der Erstinbetriebnahme durchzuführen.

Lagerhaltung: Die VTE-Pumpe ist in trockener Umgebung mit normaler Luftfeuchtigkeit zu lagern. Bei einer relativen Feuchte von über 80% empfehlen wir die Lagerung in geschlossener Umhüllung mit beigelegtem Trockenmittel.

Entsorgung: Die Verschleißteile (als solche in der Ersatzteilliste gekennzeichnet) sind Sonderabfall und nach den landesüblichen Abfallgesetzen zu entsorgen.

Ersatzteilliste: E 187 → VTE 3 - VTE 10

VTE			3	6	8	10
Schalldruckpegel (max.)	dB(A)	50 Hz	60	63	65	62
		60 Hz	61	64	66	68
Gewicht		kg	6,5	7,5	8,0	10,2
Länge		mm	209	224	249	264
Breite		mm	153,5			
Höhe		mm	151	157	157	157



Nr.		Grundteile	Basic parts	Eléments de base	Parti fondamentali
1		Gehäuse	Housing	Corps	Corpo pompa
2		Rotor	Rotor	Rotor	Rotore
3	V	Lamelle	Blade	Palette	Paletta
4		Gehäusedeckel	Housing cover	Couvercle de corps	Coperchio corpo pompa
5	V	Filterpatrone	Filter cartridge	Cartouche du filtre	Cartuccia filtrante
6	D	Dichtring	Sealing ring	Anneau d'étanchéité	Anello di tenuta
7	D	Dichtscheibe	Sealing disc	Disque d'étanchéité	Discoguarnizione
8		Scheibe	Disc	Rondelle	Disco
9		Federscheibe	Spring shim	Rondelle ressort	Disco a molla
10		Sechskantschraube	Hexagon head screw	Vis six pans	Vite con testa esagonale
11		Distanzscheibe	Spacer shim	Rondelle entre-toise	Disco distanziatore
20		Motor mit Anschlußdeckel	Motor with connection cover	Moteur avec couvercle raccordement	Motore con coperchio di collegamento
50		Schraube	Screw	Vis	Vite
51		Schraube	Screw	Vis	Vite
		Anbauteile	**Assembly parts**	**Eléments de montage**	**Elementi di montaggio**
30		Schlauchanschluß	Hose connection	Raccord tuyau	Attacco portagomma
33		Verschlußschraube G 1/8	Lock plug	Bouche obturateur	Vite di chiusura
34	D	Dichtring	Sealing ring	Anneau d'étanchéité	Anello di tenuta
36		Ausblasschalldämpfer	Exhaust silencer	Silencieux refoulement	Silenziatore allo scarico
		Zubehör	**Optional extras**	**Accessoires**	**Accessori**
38		Vakuum-Regulierventil ZRV	Vacuum regulating valve	Valve réglage vide	Valvola regolazione vuoto
		Schilder	**Labels**	**Plaques signalétiques**	**Targhette**
40		Datenschild	Data plate	Etiquette caractéristique	Targhetta dati
41		Motordatenschild	Motor name plate	Etiquette caractérist.moteur	Targhetta dati motore
42		Firmenschild mit Fabrikations-Nr.	Company label with serial-no.	Etiquette compagnie avec numéro de série	Targhetta compagnia con numero di matricola

Bei Bestellungen folgendes angeben: Typ, Fabrikations-Nr., Positions-Nr., Motor (kW, V, Hz)
To order please indicate: model, serial-no., item-no., motor (kW, V, Hz)
En cas de commande préciser: type d'appareil, no. de position des pièces, moteur (kW, V, Hz)
Nell'ordine indicare: tipo, numero di matricola, numero di posizione dei ricambi, motore (kW, V, Hz)

V = Verschleißteile **D** = Dichtungen
V = Wearing parts **D** = Seals
V = Pièces d'usure **D** = Joints
V = Parti usurabili **D** = Guarnizioni

Werner Rietschle GmbH + Co. KG
Postfach 1260 • D-79642 Schopfheim
☎ 07622 / 392-0 • Fax07622 / 392300
e-mail: info@rietschle.com

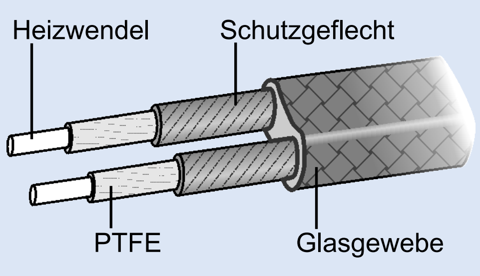
8.3.3 Sondenrohrbegleitheizung (Option)

Heizband

Typ	**HBST**
Länge	1.0 m
Betriebsspannung	230 V ~ oder110 V ~
Leistung	50 W
Min. Biegeradius	15 mm
Dicke	5 mm
Breite	25 mm
Schutzgeflecht feuchtigkeitsdicht	Kupfer, vernickelt



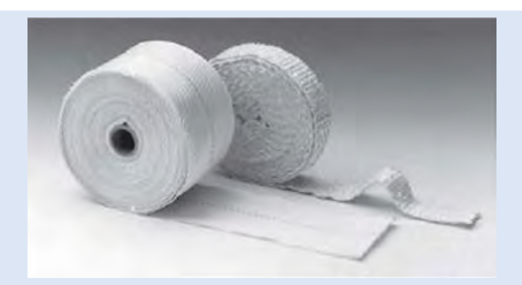
Dieses flexible Heizband hat vielseitige Einsatzmöglichkeiten im Frostschutz und in der Wärmeerhaltung. HBST besitzt eine hitzebeständige elektrische Isolierung aus PTFE mit einem zusätzlichen geerdeten metallischen Schutzgeflecht sowie einen robusten Mantel aus Glasgarn-Gewebe.



Tab. 8.4: Heizband

Geeignetes Montagezubehör

GBB – Breites Glasseideband zum Bandagieren von Heizleitungen, maximale Einsatztemperatur: 500°C.



Dicke	1,2 mm
Breite	75,0 mm
Liefereinheit	100-m-Rolle

GBW – Flauschiges, etwa 3 mm dickes Glasgewebeband zum Isolieren von beheizten Strecken.

Breite	25,0 mm
Liefereinheit	30-m-Rolle

GB – Dünnes, anpassungsfähiges Glasband zum Abbinden und Umwickeln von Heizleitungen und Temperaturfühlern, maximale Einsatztemperatur: 450°C	
Dicke	0,15 mm
Breite	25 mm oder 15 mm
Liefereinheit	50-m-Rolle
GSO – Glasseidekordel	
Durchmesser	2 mm oder 3 mm
Liefereinheit	lfd. m

Tab. 8.5: Montagezubehör

Betriebsanleitung für Heizbänder

Betriebsanleitung für Heizbänder

HORST Heizbänder und -Heizkabel sind flexible Beheizungen für den industriellen Einsatz. Sie werden zum Aufheizen und Ausgleichen von Wärmeverlusten an Rohrleitungen, Behälter, Kolonnen oder als Dachrinnenbeheizung, um nur einige Einsatzmöglicheiten zu nennen, eingesetzt.

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten erfordern auch unterschiedliche Heizbandausführungen.

Prüfen Sie deshalb vor dem Einsatz, ob Ihre Heizbänder den betrieblichen Anforderungen entsprechen.

- Ist Feuchtigkeitsschutz erforderlich?
- Ist die max. Heizleitertemperatur ausreichend?
- Ist das Heizband mit oder ohne Schutzleiter ausgeführt?
- Ist für eine Temperaturkontrolle gesorgt?

Weitere Hinweise:

- Vor Inbetriebnahme die Übereinstimmung der Netzspannung mit der auf dem Typenschild angegebenen Nennspannung prüfen.
- Beim Wickeln (z. B. um ein Rohr) mit der Anschlußseite beginnen.
- Darauf achten, daß scharfe Kanten, Grate usw. die Beheizung nicht schädigen.
- Für gute Wärmeübertragung sorgen.
- Nicht übereinanderwickeln, da entstehende Übertemperatur die Beheizung zerstören wird.
- Heizbänder und Heizschnüre nur mit Regler oder mit Leistungssteller betreiben.
- Gegen Eingriffe und Beschädigungen von außen durch einen Metallmantel oder Metallgeflecht schützen.
- Die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen beachten.
- Heizbänder mit Schutzleiter sind in die Schutzmaßnahmen der Schutzklasse I einzubeziehen.
- Heizbänder ohne Schutzleiter sollten nur über einen Fehlerstromschalter betrieben werden.

Directions for use – heating tapes

HORST Heating tapes and heating cables are flexible heatings for industrial use. They can be used to heat or to compensate the loss of heat of pipes, containers and or to heat gutters, to mention only some of the possibilities.

The versatility of the possibilities of using demands different versions of heating tapes.

That is why you should check wether your heating tapes correspond to your requirements before you put them into use.

- Is there a need for a protection against humdity?
- Is the maximum temperature sufficient?
- Is it a heating tape with or without non-fused earthing?
- Is there a temperature control?

Further Advices:

- Before putting into operation, check the compatibility of the line voltage with the voltage that is stated on the type plate
- Begin the winding (for example around a tube) always at the side where the connection is
- Pay attention, that no sharp edges can dammage the heating
- Thake care for a good heat transfer
- Dot not wind in several layers, because this causes a too high temperature which will dammage the heating
- Protect the unit against damages from the outside a metal plait or a metal jacket
- Observe the relevant security instructions
- Heating tapes with non-fused earthing belong to the protection class I.
- Heating tapes without non-fused earthing should be put into use by a safety switch

Mode d'emploi – rubans et cables de chauffage

HORST Rubans et cables de chauffage sont des chauffages flexibles pour l'emploi industriel. Ils sont utilisés par exemple pour chauffer ou compenser des dégagements de chaleur de récipients, tuyauteries et ou pour chauffer des gouttières.

La variété des possibiltés d'emploi demande différentes versions de rubans de chauffage.

Pour cette raison, vérifiez avant la mise en marche, si vos rubans de chauffage correspondent aux exigences de l'utilisation.

- est-ce qu'il faut une protection contre l'humidité?
- est-ce que la température maximale est suffisante?
- est-ce que le ruban de chauffage est avec ou sans conducteur de protection?
- est-ce qu'il y a un contrôle de température?

Autres recommandations:

- Avant de mettre en marche, vérifier que la tension du circuit d'alimantation soit la même que celle indiquée sur la plaque de l'appareil
- Commencer l'enroulement (autour d'un tube p.e.) au côté où se trouve le dispositif de branchement
- Faire attention qu'il n y ait pas des endommagements par des arêtes tranchantes etc.
- Veiller à un bon transfert de chaleur
- Ne pas enrouler en plusieurs couches, parce que cela provoque rait une temperature trop haute, qui détruirait le chauffage
- Ne pas mettre en marche des rubans et cables de chauffage sans utiliser un régulateur
- Protéger contre des manipulations et endommagements par un entrelacs ou une gaine en métal
- Faire attention aux mesures de sécurité courantes
- Appliquer les mesures de sécurité de la classification I pour des rubans de chauffage avec conducteur de protection
- Rubans de chauffage sans conducteur de protection ne doivent être mis en marche que avec un

8.4 Konformitätserklärung

Die Konformitätserklärung liegt dem Produkt als gesondertes Dokument bei.

9 Glossar

ADC

(engl. ADC für Analog-to-Digital-Converter) Analog-Digital-Wandler. Ein ADC ist ein elektronisches Gerät zur Umsetzung analoger Eingangssignale in digitale Daten bzw. einen Datenstrom, der dann durch eine elektronische Datenverarbeitung weiterverarbeitet oder gespeichert werden kann.

Belegzahl

Definition einer mehrfachen Filterbelegung, Anzahl der vorwärts/rückwärts-Zyklen. Mögliche Werte liegen zwischen 1 und 24. Wird z.B. während der dritten Probenahme einer mehrfachen Probe die Belegzahl von 5 auf 2 reduziert, erfolgt die nächste Messung an einer neuen Stelle des Filters. Wird die Belegzahl von 3 auf 5 erhöht, erfolgt die vierte und fünfte Probenahme an der gleichen Stelle des Filters.

Geiger-Müller-Zählrohr

Ein Geiger-Müller-Zählrohr, auch Auslösezählrohr, Geiger-Müller-Zähler oder Geiger-Müller-Indikator genannt, dient zum Nachweis und zur Messung ionisierender Strahlung, gehört also zu den Strahlungs- und Teilchendetektoren. Zählrohre sind u.a. zur Detektion von Betastrahlung geeignet. Ionisierende Strahlung erzeugt in der Gasfüllung des Zählrohres freie Elektronen. Eine zwischen Anode und Kathode anliegende Gleichspannung lässt diese Elektronen zur Anode wandern, wo sie gemessen werden können. Die Menge der durch Teilchenstrahlung freigesetzten Elektronen ist proportional zu der durch die Teilchenstrahlung abgegebene Energie. Je mehr energetisch definierte Teilchen, desto höher die abgegebene Energie, desto mehr Elektronen und damit umso höher der Messwert.

Gesytec

Die „Gesytec GmbH“ ist Hersteller kleinerer, vernetzter und innovativerer Prozesssteuerungssysteme. Gesytec steht hier als Synonym für das Datenprotokoll-Format der RS232 Schnittstelle, auch als "Bayern/Hessen"- Protokoll bekannt.

Isopropanol

Isopropanol oder Isopropylalkohol (abgekürzt IPA), auch als 2-Propanol bekannt, ist ein Alkohol

Messregime

Regelungs- und/oder Ordnungssystem, das typischerweise Normen, Entscheidungsverfahren und Prinzipien beinhaltet und den Umgang der beteiligten Komponenten untereinander sowie mit bestimmten Aufgaben beschreibt; z.B. die Voraussetzungen, Bedingungen und verwendeten Parameter unter und mit denen eine Messung stattfindet. Durch die Verwendung eines Messregimes können Messungen vergleichbar nachvollzogen oder wiederholt werden.

mnemonisch

einprägsam, merkbar in der Informatik v. a. im Zusammenhang mit Bezeichnungen verwendet, die etwas über die Bedeutung des bezeichneten Objektes aussagen und daher leichter erinnert werden als Bezeichnungen mit irgendwelchen Zeichenfolgen.

PLS

Prozessleitsystem

PT100

Ein PT100 ist ein Platin-Messwiderstand (Temperatur-Sensor). Die 100 bezeichnet den Widerstand R0 der hier 100 Ω beträgt. Platin-Messwiderstände wenden als Messeffekt die Abhängigkeit des elektrischen Widerstands von der Temperatur bei Platin an. Sie werden in industrielle Widerstandsthermometer oder in eine integrierte Schaltungen eingebaut. Durch ihre geringen Grenzabweichungen sind sie meist leicht austauschbar, ohne das eine Neukalibrierung nötig wird.

RoHS-Konform(ität)

Die EG-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten regelt die Verwendung von Gefahrstoffen in Geräten und Bauteilen. Diese EG-Richtlinie, sowie die jeweilis notwendige Umsetzung in nationales Recht, wird mit dem Kürzel RoHS (engl.: Restriction of (the use of certain) hazardous substances; deutsch: „Beschränkung (der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe“) bezeichnet. Die Firmen der DURAG GROUP halten sich an diese Richtlinie und verwenden also keine Stoffe, die lt. RoHS unzulässig sind, d.h. nicht verwendet werden dürfen.

Zykluszeit

Definition der Probenentnahmezeit, 15 Minuten bis zu 24 Stunden. Eine geänderte Zykluszeit wird berücksichtigt, wenn ein neuer Messzyklus gestartet wird.

10 Index

L

M

N

P

R

S

T

U

V

W

Z

DURAG Sales and Marketing GmbH & Co. KG

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 0
Fax +49 40 58 41 54
E-Mail: info@durag.de

DURAG Niederlassung Nord

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 0
Fax +49 40 58 41 54
E-Mail: durag-nord@durag.de

DURAG Niederlassung West

An der Pönt 53a
40885 Ratingen, Germany

Tel. +49 21 02 74 00 – 0
Fax +49 21 02 74 00 – 28
E-Mail: durag-west@durag.de

DURAG Niederlassung Süd

Weidenweg 16
73087 Bad Boll, Germany

Tel. +49 71 64 9 12 25 – 0
Fax +49 71 64 9 12 25 – 50
E-mail: durag-sued@durag.de

DURAG Niederlassung Ost

Halsbrücker Str. 34
09599 Freiberg, Germany

Tel. +49 37 31 30 04 – 0
Fax +49 37 31 30 04 – 22
E-Mail: durag-ost@durag.de

DURAG GmbH

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 0
Fax +49 40 58 41 54
E-Mail: info@durag.de

DURAG data systems GmbH

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 30 00
Fax +49 40 55 42 18 – 30 99
E-Mail: info@durag-data.de

DURAG process & systems technology gmbh

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 0
Fax +49 40 58 41 54
E-Mail: info@durag-process.de

DURAG Siena do Brasil Ltda

Rua Vinte e Dois de Agosto, 66
Diadema – SP
09941-530 Brasil

Tel.: +55 11 40 71-50 50 r.28
Fax.: +55 11 40 77-17 18
E-mail: info@durag.com.br

Hegwein GmbH

Am Boschwerk 7
70469 Stuttgart, Germany

Tel. +49 7 11 13 57 88 – 0
Fax +49 7 11 13 57 88 – 5
E-Mail: info@hegwein.de

Smitsvonk Holland B.V.

P.O.Box 180
2700 AD Zoetermeer
Goudstraat 6
2718 RC Zoetermeer
Netherlands

Tel. +31 79 361 35 33
Fax +31 79 361 13 78
E-Mail: sales@smitsvonk.nl

VEREWA
A Brand of DURAG GmbH

Kollaustraße 105
22453 Hamburg, Germany

Tel. +49 40 55 42 18 – 0
Fax +49 40 58 41 54
E-Mail: verewa@durag.de

DURAG Brazil
DURAG Siena do Brasil Ltda

Rua Vinte e Dois de Agosto, 66
Diadema – SP
09941-530 Brasil

Tel.: +55 11 4071-5050 r.28
Fax.: +55 11 4077-1718
E-mail: info@durag.com.br

DURAG France Sarl

Parc GIP Charles de Gaulle
49 rue Léonard de Vinci,
BP 70166
95691 Goussainville CEDEX,
France

Tel. +33 1 30 18 11 80
Fax +33 1 39 33 83 60
E-Mail: info@durag-france.fr

DURAG, Inc., USA

1355 Mendota Heights Road,
Suite 200
Mendota Heights,
MN 55120, USA

Tel. +1 65 14 51 – 17 10
Fax +1 65 14 57 – 76 84
E-Mail: info@durag.com

DURAG India Instrumentation Private Limited

#27/30, 2nd Main Road,
Industrial Town, Rajajinagar
Bengaluru 560 044, India

Tel.: + 91 80 23 14 56 26 /
42 15 11 91
Fax: + 91 80 23 14 56 27
E-Mail: info@duragindia.com

DURAG Instrumentation (Shanghai) Co.,Ltd.

Room 706, Dibao Plaza, No.3998
Hongxin Rd., Minhang District,
Shanghai, 201103
PR China

Tel.: + 86 21 60 73 29 79 - 206
Fax: + 86 21 60 73 29 80
E-Mail: info@durag-cn.com

DURAG Italia S.r.l

Via Carlo Panseri, 118
CIM uffici, P. secondo
28100 Novara
Italy

Tel. +39 03 21 67 95 69
Fax +39 03 21 47 41 65
E-Mail: info@durag.it

DURAG Japan Office

c/o TMS Planning Inc.
291-2 Umena, Mishima-shi,
Shizuoka-ken
411-0816 Japan

Tel.: +81 55 977-3994
Fax.: +81 55 977-3994
E-Mail: info@durag.jp

DURAG Korea Office

RM#1131, Manhattan Building,
36-2, Yeouido-Dong,
Yeongdeungpo-Gu, Seoul
Korea

Tel.: +82 2 761-8970
Fax.: +82 2 761-8971
E-Mail: info@durag-group.co.kr

DURAG Russ OOO

Andropova avenue18/6
Office 5-09
115432 Moscow
Russia

Tel.: +7 4 99 4 18 00 90
Fax: +7 4 99 4 18 00 91
E-Mail: info@durag-group.ru

DURAG UK GmbH

Lullington House, Ashby Road
Burton-on-Trent, Staffordshire,
E15 0YZ
Great Britain

Tel. +44 12 83 55 34 81
Fax +44 17 85 76 00 14
E-Mail: durag.uk@durag.de

www.durag.de

DURAG